바른답·알찬풀이

# 생명 과학 I 500제

# I 생명 과학의 이해

## 01 생명 과학의 이해 (1)

핵심 문제로 개념 마무리 p.7

**1** (1) 세포 (2) 동화 작용, 이화 작용 (3) 진화 **2** (1) × (2) ○ (3) × **3** 물질대사

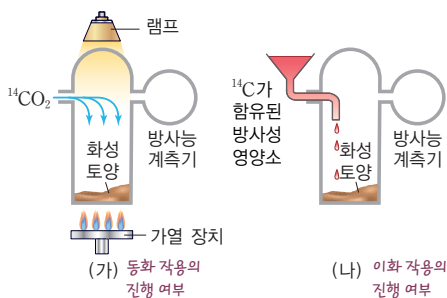
**1** (1) 생물은 구조적 · 기능적 기본 단위인 세포로 이루어져 있다.
(2) 동화 작용이 진행될 때는 에너지가 흡수되는 흡열 반응, 이화 작용이 진행될 때는 에너지가 방출되는 발열 반응이 일어난다.
(3) 생물의 적응이 오랜 세월에 걸쳐 지속적으로 일어나 유전자가 변하여 새로운 형질을 갖게 되는 것을 진화라고 한다.

**2** (1) 물질대사 중 작고 간단한 물질을 크고 복잡한 물질로 합성하는 과정은 동화 작용이다.
(2) 생물은 외부 환경의 변화를 느끼고, 그에 대해 적절히 대응함으로써 항상성을 유지한다.
(3) 바이러스가 핵산을 가지는 것은 생물적 특성이며, 핵산과 단백질의 결정체로 존재하는 것은 무생물적 특성이다.

**3** 실험 (가)는 동화 작용의 진행 여부를, (나)는 이화 작용의 진행 여부를 알아보는 실험이다. 실험 (가)와 (나)를 통해 공통적으로 생명 현상의 특성 중 물질대사를 확인할 수 있다.

자료 분석 노하우

램프
$^{14}CO_2$
화성 토양
방사능 계측기
가열 장치
(가) 동화 작용의 진행 여부

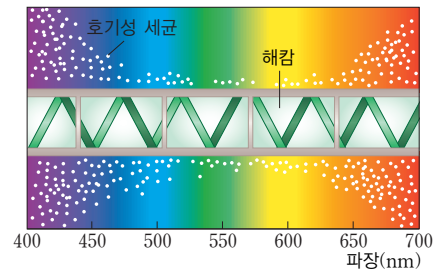
$^{14}C$가 함유된 방사성 영양소
화성 토양
방사능 계측기
(나) 이화 작용의 진행 여부

| | | |
|---|---|---|
| (가) | $^{14}CO_2$ 공급 | 화성 토양 속에 생명체가 있다면 동화 작용에 의해 $^{14}C$가 함유된 유기물이 합성될 것이다. |
| | 가열 장치 | 합성된 유기물을 연소시켜 방사성 기체를 생성시키기 위한 것이다. |
| | 방사능 계측기 | $^{14}C$가 검출되는지를 확인하기 위한 것이다. |
| (나) | $^{14}C$가 함유된 방사성 영양 물질 공급 | 화성 토양 속에 생명체가 있다면 이화 작용에 의해 $^{14}C$가 함유된 유기물이 분해되어 방사성 기체가 생성될 것이다. |
| | 방사능 계측기 | 방사성 $CO_2$가 검출되는지를 확인하기 위한 것이다. |

## 내신분석 기출문제

pp.8~10

**001** ① **002** ③ **003** ③ **004** ① **005** ② **006** ③ **007** ⑤ **008** ④
**009** ① **010** ③ **011** ③ **012** ②

**001** 목재는 한때 식물을 이루고 있던 부분이므로 생명을 잃더라도 세포벽이 남아 있으며, 세포로 이루어진 표피 조직이나 기계 조직도 남아 있다.

**002** 호기성 세균이 400~450 nm와 650~700 nm의 빛을 비춘 부분에 많이 분포하는 이유는 해캄이 그 파장의 빛을 주로 이용하여 광합성을 하며, 이때 발생한 산소를 호기성 세균이 호흡에 이용하기 때문이다. 따라서 이 실험 결과는 생명 현상의 특성 중 물질대사와 관련이 깊다.

- 해캄은 400~450 nm와 650~700 nm의 빛을 광합성에 주로 이용한다. ➡ 광합성 결과 산소가 발생하므로, 400~450 nm와 650~700 nm의 빛을 비춘 부분에 산소가 많이 분포한다.
- 호기성 세균은 산소가 많은 곳에 모인다.
- 해캄의 광합성이나 호기성 세균의 호흡은 생명 현상의 특성 중 물질대사에 해당한다.

**003** ㉠은 저장된 지방을 분해하여 에너지를 얻는 것으로, 생명 현상의 특성 중 물질대사의 이화 작용에 해당한다.
③ 효모가 포도당을 분해하여 에너지를 얻는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사의 이화 작용에 해당한다.
[오답피하기] ① 짚신벌레가 분열법을 통해 한 개체가 두 개체로 나누어지는 것은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.
② 어머니의 색맹 유전자가 아들에게 전달되어 아들도 색맹이 되는 것은 생명 현상의 특성 중 유전에 해당한다.
④ 빛을 받으면 어두운 곳으로 이동하는 플라나리아의 음성 주광성은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.
⑤ 수정란이 세포 분열을 거쳐 완전한 하나의 개체가 되는 것은 생명 현상의 특성 중 발생에 해당한다.

**004** 삶아서 식힌 콩은 죽은 상태이고, 발아 중인 콩은 살아서 생명 현상이 진행되는 상태이다. 두 집기병의 온도 변화를 비교하면 생명 현상의 특성 중 물질대사의 여부를 알 수 있다.
① 밥을 오래 씹었더니 단맛이 나는 것은 침에 들어 있는 소화 효소인 아밀레이스에 의한 이화 작용의 결과로 나타난 현

상이므로 생명 현상의 특성 중 물질대사에 해당한다.

[오답피하기] ② 사막에 사는 선인장의 잎이 가시로 변한 것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

③ 벌과 나비가 복숭아꽃의 꽃가루를 옮겨 주어 복숭아가 열린 것은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.

④ 둥근 완두와 주름진 완두를 교배하였더니 다음 대에서 둥근 완두만 나타난 것은 생명 현상의 특성 중 유전에 해당한다.

⑤ 새싹의 줄기 끝이 빛 쪽으로 굽어 자란 것은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.

**오개념 피하는 노하우**

- 생명 현상의 특성을 생물의 특정 행동, 상태 변화 등 자주 제시되는 여러 가지 생명 현상의 예로 정리해 두면 쉽게 구분할 수 있다.
- 생물은 세포가 기본 단위인 정교한 체제를 가진다. ➡ 예 생물을 구성하는 기본 단위
- 생물은 물질대사를 한다. ➡ 예 동화 작용(물질 합성, 광합성), 이화 작용(물질 분해, 소화, 호흡), 발열 반응, 흡열 반응 등
- 생물은 자극에 대해 반응한다. ➡ 예 자극에 대한 눈 깜빡임, 무릎 반사, 동공 반사, 식물의 굴광성 등
- 생물은 항상성을 유지한다. ➡ 예 체온 유지를 위한 현상, 혈당량 조절, 삼투압 조절
- 생물은 생식을 한다. ➡ 예 세균의 증식, 정자와 난자의 수정
- 생물은 유전을 한다. ➡ 예 부모와 자식이 닮은 현상, 혈액형 유전
- 생물은 발생과 생장을 한다. ➡ 예 개구리의 발생 과정, 식물이나 동물의 크기가 자라는 모습
- 생물은 환경에 적응하고 진화한다. ➡ 예 살충제 살포로 인한 해충의 돌연변이, 선인장의 가시, 서식지의 기후에 따른 포유류의 몸집 크기와 말단 부위의 크기 비교

**005** ㄴ. (나)는 화성 토양에 존재하는 생명체가 $^{14}C$가 함유된 방사성 영양 물질을 분해하여 생활에 필요한 에너지를 얻는지 알아보는 실험이다. 만약 세포 호흡(이화 작용)을 하는 생명체가 있다면 방사능 계측기에 방사성 유기물에서 유래된 방사성 기체가 검출될 것이다.

[오답피하기] ㄱ. (가)는 화성 토양을 가열하여 $^{14}C$를 함유한 유기물이 합성되었는지의 여부를 알아보기 위한 실험이다. 만약 광합성(동화 작용)을 하는 생명체가 있다면 합성된 유기물이 가열로 인해 연소되어 방사성 기체가 검출될 것이다.

ㄷ. 화성의 생명체가 지구에 살고 있는 생명체의 물질대사와 동일한 방법으로 생명 활동에 필요한 에너지를 얻을 것이라는 가정 하에 실험한 것이다.

**006** 토양 속의 작은 동물은 전구에서 비치는 빛을 피해 토양 속으로 들어가고 이때 구멍 난 아크릴판을 통해 채집용 비커에 떨어지게 된다. 이것은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.

③ 파리지옥의 잎에 곤충이 닿으면 잎을 접는 것은 생명 현상의 특성 중 자극과 반응에 해당한다.

[오답피하기] ① 콩이 발아할 때 저장된 녹말을 분해하여 얻은 에너지를 이용하는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사에 해당한다.

② 근육 운동을 할 때 세포 호흡을 통해 얻은 에너지를 이용하는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사에 해당한다.

④ 유전 물질에 돌연변이가 생겨 항생제에 내성을 가진 세균이 나타나는 것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

⑤ 짚신벌레가 낮은 농도의 소금물에서 배설 기관인 수축포를 통해 수분을 배출하여 체내의 삼투압을 유지하는 것은 생명 현상의 특성 중 항상성 유지에 해당한다.

**007** 새의 발 모양이 먹이의 종류나 서식지에 따라 달라진 것은 각각의 환경에서 그에 맞는 먹이를 찾고 서식지에서 활동하기 좋게 변화된 것이다. 이것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

⑤ 사막여우는 더운 곳에 살기 때문에 열의 발산을 위해 몸의 말단 부위인 귀가 크고, 몸집이 작다. 그러나 북극여우는 추운 곳에 살기 때문에 열의 발산을 줄이기 위해 귀가 작고, 열의 발생을 많이 하기 위해 몸집이 크다. 이것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

[오답피하기] ① 짚신벌레는 단세포 생물이므로 분열법을 통해 번식한다. 이것은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.

② 미모사가 잎을 건드리는 자극에 대해 잎이 접히는 반응을 보이는 것은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.

③ 효모가 유산소 호흡과 무산소 호흡을 통해 포도당을 분해하여 에너지를 얻는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사의 이화 작용에 해당한다.

④ 소나무가 빛에너지를 흡수하여 엽록체에서 광합성을 하여 양분인 포도당을 합성하는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사의 동화 작용에 해당한다.

**008** 정온 동물이 기온 변화에 따라 열 발생량을 조절하여 자신의 체온을 유지하는 것은 생명 현상의 특성 중 항상성 유지에 해당한다.

④ 사람이 추우면 몸을 움츠려서 열 발산을 막고, 더우면 땀을 흘려 열 발산을 촉진하여 체온을 유지하는 것은 생명 현상의 특성 중 항상성 유지에 해당한다.

[오답피하기] ① 선인장이 덥고 건조한 지역에서 살기 위해 잎이 가시로 변형되는 것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

② 미모사의 잎에 손을 대는 자극을 주면 오므라드는 반응을 보이는 것은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.

③ 여우는 몸이 여러 개의 세포로 이루어진 생물이다. 이것은 생명 현상의 특성 중 '생물은 세포가 기본인 정교한 체제를 가진다.'에 해당한다.

⑤ 연어의 짝짓기와 산란은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.

**009** 갈라파고스 군도의 각 섬에 살고 있는 핀치새들은 각기 다른 먹이 환경에 적응하는 과정에서 부리 모양이 각기 다르게 변화하였다. 이것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.
① 개구리와 악어는 물 위에 얼굴을 반쯤 내놓고 생활 환경에 적응하는 과정에서 눈의 위치가 비슷하게 변화하였다. 이것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.
[오답피하기] ② 어두운 곳에서 고양이의 동공이 확대되는 것은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.
③ 화분에 심어 둔 버드나무의 키가 매년 자라는 것은 생명 현상의 특성 중 생장에 해당한다.
④ 먹고 남은 음식물을 밭에 묻어 두었더니 점점 형태가 변하는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사에 해당한다.
⑤ 어항에 열대어 암수 한 쌍을 넣었더니 그 개체수가 크게 증가하는 것은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.

**010** (가)에서 어머니의 색맹 유전자가 아들에게 전달되어 아들도 색맹이 되는 것은 생명 현상의 특성 중 유전에 해당하고, 어머니로부터 아들이 태어나는 것은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.
(나)에서 뜨거운 자극이 손에 닿아 반응한 것은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.
(다)에서 사막의 건조한 환경에서 물의 손실을 최소화하기 위해 선인장의 잎이 가시로 바뀐 것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

**011** ㄷ. (가)~(다)는 모두 유전 물질인 핵산을 가지고 있다. 바이러스(가)는 독자적으로 물질대사를 수행하지 못하지만 살아 있는 숙주 세포 내에서 자신의 유전 물질을 이용하여 증식이 가능하다.
[오답피하기] ㄱ. 바이러스(가)는 단백질과 핵산으로 되어 있으며, 세포의 구조를 갖추지 못한 비세포성 구조이다.
ㄴ. 해바라기(나)는 살아 있는 식물로 물질대사인 광합성과 호흡을 한다. 그러나 닭고기(다)는 죽은 상태로 효소를 이용한 물질대사를 하지 못한다.

**012** ㄷ. 바이러스가 살아 있는 세포 내에서 증식할 수 있는 것은 바이러스가 생물적 특성을 갖고 있음을 의미한다.
[오답피하기] ㄱ. 바이러스는 숙주 생물 내에서만 증식이나 유전 현상이 일어나므로 바이러스 이전에 다른 숙주 생물이 존재해야 한다. 따라서 바이러스가 무생물로부터 생물로 진화되는 중간 형태라고 볼 수 없다.
ㄴ. 바이러스의 크기만으로는 바이러스가 무생물과 생물의 중간 형태라고 볼 수 없다.

오개념 피하는 노하우

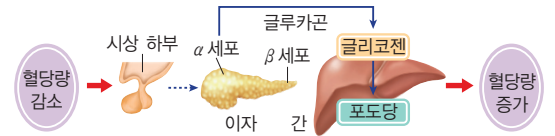
■ **바이러스의 특성**
- 세균보다 크기가 작아 세균 여과기를 통과한다.
- 유전 물질인 핵산(DNA나 RNA)이 단백질 껍질에 싸여 있다.
- 효소가 없어 숙주 세포 내에서만 물질대사를 할 수 있다.

내신완성 **1등급문제** p.11

**013** ② **014** ⑤ **015** ③ **016** ④ **017** 해설 참조

**013** 병 A는 병 B에 대한 대조군으로 아무런 변화가 없다. 병 B의 효모는 포도당을 이용하여 세포 호흡을 하였으며, 그 결과 발생한 이산화 탄소로 인해 석회수가 뿌옇게 변했고, 물질대사 결과 발생한 열에너지로 인해 온도계의 온도가 올라갔다. 이 실험을 통해 생명 현상의 특성 중 물질대사를 알아볼 수 있다.
② 식물이 빛에너지를 흡수하여 양분을 합성하는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사에 해당한다.
[오답피하기] ①은 생명 현상의 특성 중 생식, ③은 항상성 유지, ④와 ⑤는 적응과 진화에 해당한다.

**014** ㄱ. 혈당량이 감소했을 때 혈당량을 증가시키는 과정은 생명 현상의 특성 중 항상성 유지에 해당한다.
ㄷ. 글리코젠이 포도당으로 전환되는 것은 생명 현상 중 물질대사에 해당하며, 물질대사가 진행될 때는 반드시 에너지 대사가 수반된다.
ㄹ. 이자는 $\alpha$ 세포와 $\beta$ 세포 등으로 구성된 하나의 기관이고, 간 역시 또 다른 기능을 수행하는 기관이므로 정교하고 복잡한 구성 단계를 갖는다는 것을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. 이 자료를 통해 생식을 통해 종족을 번식시키는 것은 알 수 없다.

자료 분석 노하우

- 혈당량이 감소된 상태에서 혈당량이 증가하는 과정이 진행되는 것은 생명 현상의 특성 중 항상성 유지에 해당한다.
- 이자는 $\alpha$ 세포와 $\beta$ 세포 등으로 이루어져 있으며, 이자나 간과 같은 기관이 모여 기관계를 이루고, 기관계가 모여 개체가 된다. 이것은 생명 현상의 특성 중 '생물은 세포가 기본 단위인 정교한 체계를 가진다.'에 해당한다.
- 글리코젠이 포도당으로 전환되는 것은 생명 현상의 특성 중 물질대사에 해당한다.

**015** 환경의 변화에 따라 그 환경에 잘 적응한 개체들이 자연선택되는 것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

**016** ㄱ. 바이러스가 유전 물질을 가지고 있어 다양한 환경에 따라 다양한 돌연변이를 만드는 것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당하며, 생물적 특성이다.
ㄷ. 바이러스가 살아 있는 숙주 세포 내에서 증식하는 것은 생물적 특성이다.
[오답피하기] ㄴ. 조류독감 바이러스는 독자적으로 물질대사

를 수행하지 못하므로 숙주 세포 밖에서는 핵산과 단백질의 결정체로 존재하는데, 이는 무생물적 특성이다.

**017** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**

환경에 따라 생물체의 형태가 달라진다는 점에 대해 알아야 한다.

**Step ❷ 관련 개념 모으기**

❶ 땅 위에서 자라는 것과 물속에서 자라는 것의 의미는?

→ 생장 환경이 서로 다름을 의미한다.

❷ 잎의 모양이 다른 것은?

→ 환경에 따라 생물체의 형태가 달라졌음을 의미한다.

**모범답안** 쇠귀나물은 건조한 공기와 접할 때는 잎이 펴지고, 물속에 잠겨 있을 때는 잎이 말린다. 이와 같이 환경에 따라 쇠귀나물의 잎 모양이 달라지는 것은 생명 현상의 특성 중 적응에 해당한다.

**유사답안** 환경에 따라 생물체의 모양이 달라진 것은 적응과 진화에 해당한다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 환경의 변화에 따른 적응 현상을 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 적응 현상에 대해서만 옳게 설명한 경우 | 4점 |

## 02 생명 과학의 이해(2)

핵심 문제로 개념 마무리 p.13

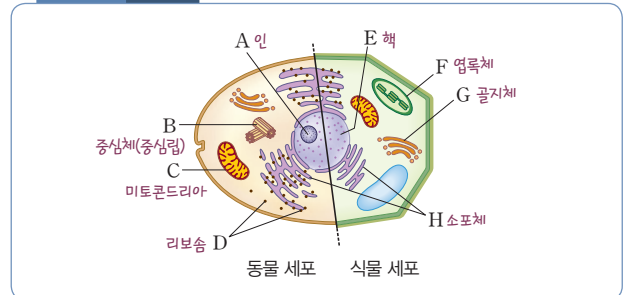
**1** (1) × (2) × (3) ○ **2** A : 인, B : 중심체(중심립), C : 미토콘드리아, D : 리보솜, E : 핵, F : 엽록체, G : 골지체, H : 소포체

**1** (1) 생물체를 구성하는 성분 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 물로, 인체의 약 66 %를 차지한다.

(2) 엽록체는 식물 세포에만 존재하지만, 미토콘드리아는 식물 세포와 동물 세포에 모두 존재한다.

(3) 동물과 식물은 세포 → 조직 → 기관 → 개체의 구성 단계를 공통적으로 갖는다.

**2** 동물 세포와 식물 세포는 공통적으로 핵, 미토콘드리아, 리보솜, 골지체, 소포체 등의 세포 소기관을 가진다. 식물 세포는 동물 세포와 달리 세포막 바깥에 세포 내부를 보호하는 세포벽과 광합성 장소인 엽록체가 있으며, 물, 당류, 색소 등이 들어 있는 액포가 발달해 있다.

자료 분석 노하우

내신분석 **기출문제** pp.14~19

**018** ⑤ **019** ⑤ **020** ③ **021** ④ **022** ③ **023** ⑤ **024** ③
**025** 간세포 : 미토콘드리아, 백혈구 : 리소좀 **026** ② **027** ② **028** ① **029** ⑤
**030** ③ **031** ③ **032** ⑤ **033** (나) **034** ⑤ **035** ③ **036** ④ **037** ④
**038** ④ **039** (나) → (라) → (다) → (가) **040** ① **041** ③ **042** ③ **043** ②
**044** 해설 참조

**018** ⑤ 단백질은 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결되어 있다.

[오답피하기] ① 각종 화학 반응의 매개체 역할을 하는 것은 물이다.

② 지방산 3분자와 글리세롤 1분자로 구성된 것은 지질의 일종인 중성 지방이다.

③ 인체를 구성하는 성분 중 가장 많은 양을 차지하는 것은 물로, 인체의 약 66 %를 차지한다.

④ 체액의 삼투압과 pH 조절 등 체내의 여러 생리 작용을 조절하는 것은 무기 염류이다.

**019** (가)는 단백질, (나)는 탄수화물, (다)는 지질이다.

ㄱ. A는 지질의 일종인 중성 지방이다. 피부 밑의 지방층(피하 지방)은 체온 유지에 중요한 역할을 한다.

ㄴ. B는 단백질의 구성 단위인 아미노산이다. 단백질(가)은 C, H, O, N 등이 주성분이므로 아미노산(B)이 분해되면 질소성 노폐물인 암모니아가 생성된다.
ㄷ. C는 탄수화물(나) 중 단당류인 포도당이다. 포도당(C)은 주에너지원으로 쓰인다.

**020** A는 물, B는 단백질, C는 지질, D는 무기 염류, E는 탄수화물이다.
③ 지질(C)은 탄소, 수소, 산소로 구성되어 있다.
[오답피하기] ① 물(A)은 2개의 수소 원자와 1개의 산소 원자로 이루어진 화합물로, 이웃한 물 분자와의 사이에 수소를 매개로 하는 인력이 작용하는 수소 결합을 한다.
② 단백질(B)은 질소를 포함하고 있으므로 세포 호흡에 의해 분해 질소성 노폐물인 암모니아가 생성된다.
④ 무기 염류(D)는 주로 이온 상태로 흡수되어 생리 작용을 조절한다.
⑤ 탄수화물(E)은 체내 구성 비율이 작고 주에너지원으로 사용된다.

**021** (가)는 DNA, (나)는 RNA이다.
ㄴ. DNA(가)와 RNA(나)는 핵산이며, 핵산의 구성 단위는 뉴클레오타이드이다. 뉴클레오타이드는 5탄당, 인산, 염기가 1 : 1 : 1로 결합된 구조이다.
ㄷ. DNA(가)가 가지고 있는 염기는 A(아데닌), T(티민), G(구아닌), C(사이토신)이며, RNA(나)는 T(티민) 대신 U(유라실)을 가지고 있다.
[오답피하기] ㄱ. DNA(가)를 구성하는 당인 A는 디옥시리보스이다. RNA(나)를 구성하는 당인 B는 리보스이다.

**022** ㄱ. (가)는 물이며, 물 분자 사이에서 이루어지는 ㉠은 수소 결합이다.
ㄷ. (나)는 핵산의 구성 단위인 뉴클레오타이드, (다)는 단백질의 구성 단위인 아미노산이다. 뉴클레오타이드(나)와 아미노산(다)은 결합하여 긴 사슬 형태의 고분자 화합물을 각각 형성할 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. 유전 정보의 저장과 가장 관련이 깊은 물질은 핵산이며, 핵산의 구성 단위는 뉴클레오타이드(나)이다.

**023** B의 특징인 유전 정보를 저장하는 물질은 핵산이다. C의 특징인 아미노산을 구성 단위로 갖는 물질은 단백질이다. 그러므로 A는 탄수화물이다.
ㄴ. 핵산(B)의 구성 단위는 5탄당, 인산, 염기가 1 : 1 : 1로 결합된 뉴클레오타이드이다.
ㄷ. 단백질(C)의 구성 단위는 아미노산이고, 각각의 아미노산은 펩타이드 결합에 의해 연결된다.
[오답피하기] ㄱ. 지질은 중성 지방, 인지질, 스테로이드로 구분된다. 중성 지방은 에너지원으로 쓰이며, 인지질은 단백질과 함께 세포막과 같은 생체막의 구성 성분이고, 스테로이드는 호르몬이나 비타민의 성분이다.

**024** ㄱ. (가)는 엽록체, (나)는 미토콘드리아이다. 둘 다 2중막 구조를 가지고 있으며, 엽록체(가)는 물질대사 중 동화 작용, 미토콘드리아(나)는 물질대사 중 이화 작용이 일어난다.
ㄷ. 엽록체(가)와 미토콘드리아(나)는 자체 DNA를 가지고 있으므로 자기 증식이 가능하다.
[오답피하기] ㄴ. 엽록체(가)는 식물 세포에만 존재하지만, 미토콘드리아(나)는 식물 세포와 동물 세포에 모두 존재한다.

**025** 미토콘드리아는 세포 호흡을 담당하며, 세포 호흡 과정에서 열이 발생된다. 리소좀은 세포 내 소화 작용을 담당하므로 식균 작용을 하는 백혈구에 많이 들어 있다.

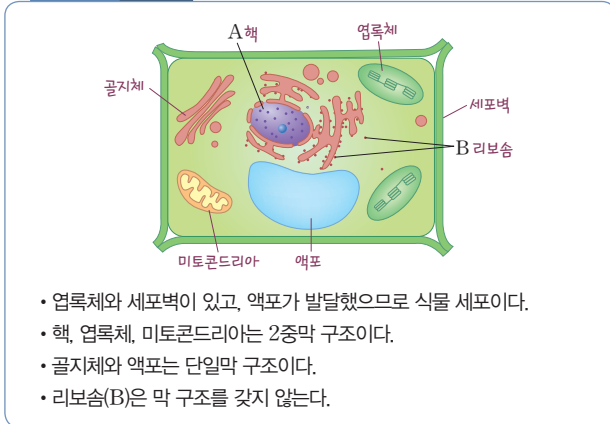
**026** A는 리보솜, B는 골지체, C는 리소좀, D는 엽록체, E는 미토콘드리아이다.
ㄷ. 미토콘드리아(E)에서는 세포 호흡이 진행되므로 $CO_2$가 생성된다. 세포 호흡 결과 생성되는 ATP는 세포의 생명 활동에 사용된다.
[오답피하기] ㄱ. 리보솜(A)은 골지체(B)가 아니라 거친면 소포체 표면에 부착되어 있다.
ㄴ. 리소좀(C)은 이화 작용인 세포 내 소화 작용을 하며, 엽록체(D)는 동화 작용인 광합성을 한다.

**027** ㉠은 DNA, ㉡은 세포 호흡, ㉢은 리소좀이다.
핵은 유전자의 본체인 DNA(㉠)를 가지고 있어 유전 형질 발현에 중요한 역할을 담당하며, 생장, 생식, 유전 등의 핵심적인 기능을 수행하는 곳이다.
미토콘드리아는 세포 호흡(㉡)에 관여하는 여러 효소가 있어 세포 호흡 결과 ATP를 합성하며, ATP는 생명 활동에 이용된다.
세포 내 소화를 담당하는 세포 소기관은 리소좀(㉢)이다. 리소좀(㉢)은 골지체에서 분리되어 형성되며, 가수 분해 효소를 함유하고 있어 세포 내 소화를 담당한다.

**028** A는 소포체와 리보솜이며, B는 골지체, C는 리소좀이다.
ㄱ. 소포체와 리보솜(A), 골지체(B)는 식물 세포와 동물 세포에서 모두 관찰된다.
[오답피하기] ㄴ. 리소좀(C)에는 가수 분해 효소가 있어 외부에서 들어온 병원체나 이물질 및 늙거나 손상된 세포 소기관을 분해하는 세포 내 소화를 한다. 유기물을 산화시켜 ATP를 합성하는 것은 미토콘드리아이다.
ㄷ. 리소좀(C)에는 리보솜에서 합성된 단백질 성분의 가수 분해 효소가 존재한다. 골지체(B)는 물질의 분비와 저장을 하는 곳이다.

**029** ㄴ. A는 핵으로, 2중막 구조를 갖는다.
ㄷ. B는 리보솜으로, 단백질 합성 장소이다.
[오답피하기] ㄱ. 이 세포는 세포벽과 엽록체가 있고 액포가 발달한 것으로 보아 식물 세포이다.

자료 분석 노하우

- 엽록체와 세포벽이 있고, 액포가 발달했으므로 식물 세포이다.
- 핵, 엽록체, 미토콘드리아는 2중막 구조이다.
- 골지체와 액포는 단일막 구조이다.
- 리보솜(B)은 막 구조를 갖지 않는다.

**030** A는 리보솜, B는 핵, C는 미토콘드리아, D는 세포막, E는 골지체이다.

③ 미토콘드리아(C)는 세포 호흡을 담당하며, 세포 호흡의 결과 ATP를 합성한다. 가수 분해 효소가 있어 세포 내 소화를 담당하는 곳은 리소좀이다.

[오답피하기] ① 리보솜(A)은 과립 모양의 구조물로 막이 없으며, 단백질 합성 장소이다.

② 핵(B)은 2중막 구조를 갖고 있다. 2중막 구조를 갖는 세포 소기관은 핵(B), 미토콘드리아(C), 엽록체이다.

④ 세포막(D)은 단백질과 인지질로 구성되어 있다. 세포막(D)은 인지질이 꼬리를 맞대고 이중으로 되어 있는 2중층 구조를 이루며, 한 겹의 인지질 2중층으로 되어 있는 막을 단일막이라고 한다.

⑤ 골지체(E)는 납작한 주머니를 여러 겹 쌓은 모양이며, 소포체를 통해 전달된 물질을 저장하거나 분비하는 작용을 한다.

**031** A는 중심체, B는 미토콘드리아, C는 엽록체이다.

ㄱ. 중심체(A)는 세포가 분열할 때 방추사 형성에 관여하고, 주로 동물 세포에서 관찰되며, 고등한 식물 세포에서는 관찰되지 않는다.

ㄴ. 미토콘드리아(B)와 엽록체(C)는 모두 자신의 DNA를 가지고 있다.

[오답피하기] ㄷ. 엽록체(C)는 식물 세포에만 존재하며, 미토콘드리아(B)는 동물 세포와 식물 세포에 모두 존재한다. 따라서 미토콘드리아(B)는 이 세포가 동물 세포인지 식물 세포인지를 판단하는 단서가 될 수 없다.

**032** A는 골지체, B는 미토콘드리아, C는 핵, D는 리보솜이 붙어 있는 거친면 소포체이다.

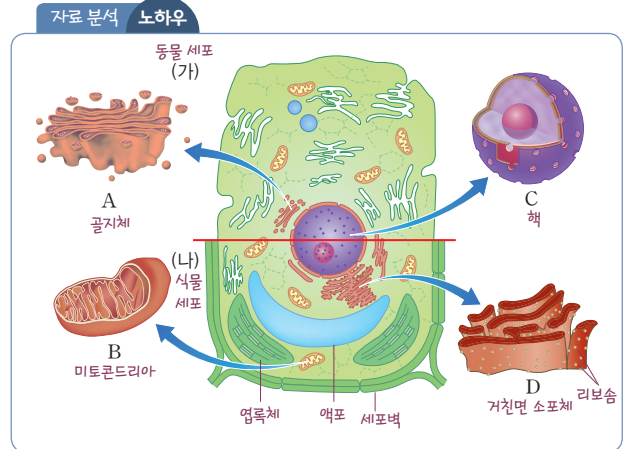
ㄱ. 골지체(A)로부터 리소좀이 만들어진다.

ㄴ. 미토콘드리아(B)에서 세포 호흡이 진행되어 ATP가 만들어진다.

ㄷ. 소포체(D) 막 중 일부는 핵(C)의 외막에 연결되어 있다.

ㄹ. 소포체(D)에서 만들어진 물질이 미세 과립의 형태로 골지체(A)로 이동하여 여러 가지 종류로 나뉜 후 막에 싸인다.

**033** 엽록체는 광합성이 일어나는 장소로, 포도당과 같은 유기물을 합성한다. 식물 세포(나)는 세포벽과 엽록체가 있으며, 동물 세포에 비해 액포가 발달되어 있다.

자료 분석 노하우

**034** ㄱ. 형성층과 체관부, 물관부는 관다발 조직계를 이룬다.

ㄴ. 식물의 구성 단계는 세포 → 조직 → 조직계 → 기관 → 개체이다. 여러 개의 조직계가 하나의 기관을 형성한다.

ㄷ. 식물의 조직은 세포 분열이 일어나는 분열 조직과 이로부터 만들어져 특수한 모양과 기능을 갖는 영구 조직으로 구분된다.

**035** A는 울타리 조직, B는 물관, C는 형성층, D는 체관, E는 생장점이다.

③ 형성층(C)은 분열 조직이다.

[오답피하기] ① 울타리 조직(A)은 유조직에 속한다.

② 물관부(B)와 체관부(D)는 관다발 조직계를 구성한다.

④ 생장점(E)은 분열 능력이 있는 분열 조직이다.

⑤ 공변세포는 잎의 아래쪽 표피 조직에 주로 분포한다. 뿌리털은 표피 세포가 길게 자라 나와 생긴 것으로, 표피 조직이다.

**036** (가)는 결합 조직, (나)는 신경 조직, (다)는 상피 조직이다.

ㄴ. 심장에는 혈액과 같은 결합 조직(가), 자극을 전달 받아 심장 운동을 조절하는 신경 조직(나), 심장의 표면을 싸고 있는 상피 조직(다), 심장근으로 된 근육 조직이 모두 있다.

ㄷ. 결합 조직(가)에는 뼈, 연골, 지방 조직, 혈액, 힘줄 등이 있다.

[오답피하기] ㄱ. 상피 조직(다)은 신체나 각 기관의 표면을 덮어 보호하고, 물질의 흡수 및 분비 등의 기능을 한다.

**037** ㄴ. 심장과 폐는 조직이 모여 구성된 기관이다.

ㄷ. 심장에는 근육 조직, 결합 조직, 상피 조직, 신경 조직이 모두 존재한다. 특히 근육 조직이 발달해 있으며, 심장의 안쪽과 바깥쪽을 싸고 있는 상피 조직, 심장을 박동시키는 신경 조직, 심장 내의 동맥과 정맥 같은 혈관을 구성하는 결합 조직이 있다.

[오답피하기] ㄱ. 폐는 근육으로 되어 있지 않아 횡격막과 갈비뼈의 상하 운동에 의해 호흡 운동이 일어난다.

**038** ㄴ. 동물의 구성 단계 중 여러 기관이 모여 만들어지는 구성 단계인 B는 기관계이다.

ㄷ. C는 모양과 기능이 유사한 세포가 모인 조직이다. 표피 조직은 식물의 여러 조직 중 하나이므로 C에 해당한다.

[오답피하기] ㄱ. A는 모양과 기능이 유사한 세포가 모인 조직이다. 심장은 다양한 조직이 모인 기관이며, 조직(A)에 해당하지 않는다.

**039** (가)는 결론 도출, (나)는 가설 설정, (다)는 자료 해석, (라)는 탐구 설계 및 수행 단계이다. 연역적 탐구 과정은 관찰 및 문제 인식 → 가설 설정(나) → 탐구 설계 및 수행(라) → 자료 해석(다) → 결론 도출(가)의 순으로 진행한다.

**040** 가설이 '소화 효소 X는 녹말을 분해할 것이다.'이므로 조작 변인은 소화 효소 X의 유무이며, 통제 변인은 시험관 내 물질의 양, 온도 등이고, 종속 변인은 녹말의 분해 여부이다. 가설을 검증할 대조 실험을 위해서는 같은 양의 녹말 용액이 들어 있는 시험관 Ⅰ과 Ⅱ 중 하나에는 증류수를, 나머지 하나에는 증류수와 소화 효소 X를 넣어야 하는데, 시험관 Ⅱ에서만 녹말이 분해되었으므로 소화 효소 X는 시험관 Ⅱ에만 넣어 주었다.

**041** ㄷ. 효모는 산소가 없을 때 당을 분해하여 알코올을 만드는데, 이때 관여하는 것은 효소이다. 효소는 단백질이 주성분으로 열을 가하면 변성되어 촉매로서의 기능을 하지 못한다. 시험관 E에서 알코올이 생성되지 않은 것은 효소가 변성되었기 때문이다.

[오답피하기] ㄱ. 시험관 B와 C의 비교를 통해 효모가 설탕을 분해하여 알코올을 만든다는 것을 알 수 있으나, 효모의 작용이 온도에 영향을 받는지는 알 수 없다.

ㄴ. 시험관 C와 D의 비교를 통해 알코올의 생성 여부는 알 수 있으나, 알코올의 생성 속도는 알 수 없다.

**042** ㄱ. pH에 따른 결과를 비교할 수 있으므로, 침의 작용은 pH의 영향을 받는다는 가설을 검증할 수 있다.

ㄴ. 온도에 따른 결과를 비교할 수 있으므로, 침의 작용은 온도의 영향을 받는다는 가설을 검증할 수 있다.

[오답피하기] ㄷ. 베네딕트 반응은 포도당뿐만 아니라 엿당에서도 나타나므로 침 속에 녹말을 포도당으로 분해하는 효소가 포함되어 있는지는 검증할 수 없다.

자료 분석 노하우

| 시험관 | A | B | C | D | E | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| pH | 7 | 7 | 2 | 2 | 13 | 13 |
| 온도(℃) | 0 | 35 | 0 | 35 | 0 | 35 |
| 베네딕트 반응 | × | ○ | × | × | × | × |

(○ : 반응함, × : 반응하지 않음)

- 시험관 B, D, F의 비교를 통해 침의 작용은 pH의 영향을 받는다는 가설을 검증할 수 있다.
- 시험관 A와 B의 비교를 통해 침의 작용은 온도의 영향을 받는다는 가설을 검증할 수 있다.

**043** ㄴ. 소금물의 농도에 따른 생존한 붕어의 수를 알아보는 실험이므로, 소금물의 농도는 독립 변인, 생존한 붕어의 수는 종속 변인이다.

[오답피하기] ㄱ. (나)는 가설 설정 단계이다.

ㄷ. '염분 농도는 붕어의 생존에 영향을 미치지 않을 것이다.'는 가설이 될 수 있으나, 실험 결과를 통해 가설이 수정되어야 한다는 것을 알 수 있다.

**044** 햇빛의 영향을 알아보고자 했으므로 햇빛 이외에 콩의 발아에 영향을 주는 모든 조건은 통제되어야 한다.

모범답안 두 화분의 온도를 같게 해 주어야 한다. 두 화분에 물을 충분히 주어야 한다.

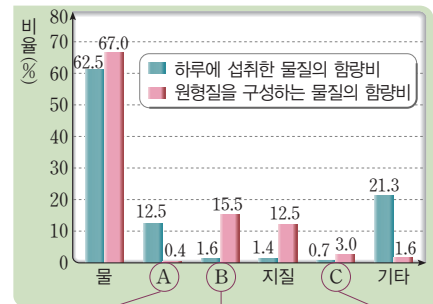
| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 두 가지 모두 옳게 설명한 경우 | 6점 |
| 한 가지만 옳게 설명한 경우 | 3점 |

**045** A는 탄수화물, B는 단백질, C는 무기 염류이다.

ㄱ. 탄수화물(A)은 섭취량은 많지만 주로 에너지원으로 소비되므로 섭취량에 비해 체내 저장량이 적다.

ㄴ. 단백질(B)은 아미노산이 펩타이드 결합을 하여 이루어진 고분자 물질로, 원형질을 구성하는 비율이 높다.

ㄷ. 무기 염류(C)는 원형질의 구성 성분이 되며, 삼투압이나 pH 조절 등과 같은 생리 작용 조절도 담당한다.

자료 분석 노하우

**046** A는 핵, B는 리보솜이 붙어 있지 않은 매끈면 소포체, C는 리보솜이 붙어 있는 거친면 소포체이다.

③ 매끈면 소포체(B)는 지질의 합성과 수송에 관여한다.

[오답피하기] ① 핵막에는 핵공이 있어 이곳을 통해 핵과 세포질 사이에 물질이 이동한다.

② 핵(A)에는 DNA가 있어 세포의 생명 활동을 조절한다.
④, ⑤ 거친면 소포체(C)는 일부가 핵막 또는 세포막에 연결되어 있고, 합성된 단백질의 운반 통로 역할을 한다.

**047** ㄷ. 시간이 지나면서 방사능이 많이 검출되는 세포 소기관이 거친면 소포체 → 골지체 → 분비 소낭의 순으로 변하는 것을 알 수 있다. 이 실험을 통해 이자 세포에 투입된 아미노산은 거친면 소포체에 붙어 있는 리보솜에서 단백질로 합성되어 소포체 내부로 들어간 후 골지체로 이동하여 분비 소낭에 담긴 다음 세포 밖으로 분비된다는 것을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄱ. 방사능 측정만으로 세포 소기관의 화학적 조성을 알 수는 없다.
ㄴ. 방사성 동위 원소로부터 검출되는 방사능을 통해 아미노산의 이동 경로를 알아볼 수 있다.

**048** (가)는 엽록체와 리보솜, 미토콘드리아를 모두 가지고 있으므로 식물 세포이다. (나)는 엽록체와 미토콘드리아 같은 막 구조를 가진 세포 소기관이 없으므로 원핵생물인 세균이다. (다)는 엽록체가 없는 동물 세포이다. C는 식물 세포(가)에는 있고, 동물 세포(다)에는 없으므로 엽록체이고, B는 동물 세포와 식물 세포, 세균에 모두 존재하므로 리보솜이다. 그러므로 A는 미토콘드리아이다.
ㄱ. (가)는 식물 세포이다.
[오답피하기] ㄴ. 근육 세포는 많은 에너지를 사용하므로 미토콘드리아(A)가 다른 세포에 비해 많이 발견된다.
ㄷ. 그림의 물질은 인지질이다. 인지질은 단백질과 함께 주로 세포의 막을 구성하는 물질이다. 미토콘드리아(A)와 엽록체(C)는 2중막 구조로 되어 있으나, 리보솜(B)은 막이 없으므로 인지질을 포함하지 않는다.

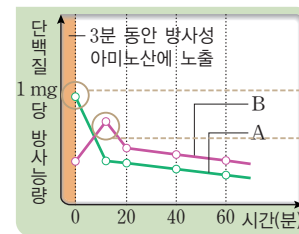
**049** A는 표피 조직, B는 울타리 조직, C는 해면 조직이다.
ㄷ. 잎에는 식물의 세 가지 조직계인 관다발 조직계, 표피 조직계, 기본 조직계가 모두 존재한다. 표피 조직(A)은 표피 조직계, 울타리 조직(B)과 해면 조직(C)은 기본 조직계, 관다발은 관다발 조직계에 속한다.
ㄹ. 울타리 조직(B)이 해면 조직(C)보다 엽록체가 많아서 잎의 윗면이 아랫면보다 진한 초록색을 띤다.
[오답피하기] ㄱ. 표피 조직(A)은 식물의 표면을 보호한다. 상피 조직은 동물체의 표면이나 내장 기관의 안쪽 벽을 덮고 있다.
ㄴ. 식물의 잎은 뿌리, 줄기와 함께 영양 기관에 해당한다.

**050** (가)는 조직, (나)는 기관계, A는 결합 조직이다.
ㄱ. 결합 조직(A)은 조직이나 기관 사이를 연결 · 지지 · 보호 · 밀착시키는 등의 역할을 한다. 혈액 세포나 골세포는 결합 조직에 속한다.
ㄴ. 조직(가)은 모양과 기능이 유사한 세포들의 모임이다.
[오답피하기] ㄷ. 기관계(나)는 식물의 구성 단계에는 없고, 조직계는 동물의 구성 단계에는 없다.

**051** ㄱ. (가)는 가설 설정 단계이다.
ㄴ. (나)는 탐구 설계 및 수행 단계이다. (나)에서 열매를 숨긴 바위 중 그대로 둔 절반은 대조군, 위치를 옮겨 놓은 나머지 반은 실험군에 해당한다. 따라서 대조군이 설치된 비교 실험의 형태가 갖추어져 있다.
ㄹ. 실험을 통해 가설의 내용이 옳다는 것이 검증되었다.
[오답피하기] ㄷ. (다)는 탐구 수행에 따른 자료 해석 단계이다.

**052** 서술형 해결전략

**Step ① 문제 포인트 파악**
방사성 아미노산은 단백질의 합성에 이용되며, 방사능을 검출함으로써 단백질의 이동 경로를 파악할 수 있다는 것을 알아야 한다.

**Step ② 자료 파악**

**Step ③ 관련 개념 모으기**
❶ **A에서 방사성 단백질이 최초로 검출된 것은 무엇을 의미하는가?**
➡ A에 붙어 있는 리보솜은 단백질 합성이 진행되는 곳임을 의미한다.
❷ **이후에 B에서 방사성 단백질이 검출된 것은 무엇을 의미하는가?**
➡ 단백질이 A에서 B로 이동했음을 의미한다.

모범답안 A : 거친면 소포체, B : 골지체, 거친면 소포체(A)에 붙어 있는 리보솜에서 합성된 단백질이 거친면 소포체(A)를 거쳐 골지체(B)로 이동한다.
유사답안 A : 거친면 소포체, B : 골지체, 거친면 소포체(A)에 붙어 있는 리보솜은 단백질 합성 장소이고, 합성된 단백질은 거친면 소포체(A)를 거쳐 골지체(B)로 이동하여 분비된다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| A, B의 명칭을 쓰고, 거친면 소포체에 붙어 있는 리보솜에서 합성된 단백질이 골지체로 이동한다고 옳게 설명한 경우 | 10점 |
| A, B의 명칭 중 하나만 쓰고, A에 붙어 있는 리보솜에서 합성된 단백질이 B로 이동한다고 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| A에 붙어 있는 리보솜에서 합성된 단백질이 B로 이동한다고만 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| A, B의 명칭만 옳게 쓴 경우 | 3점 |

## I 실전대비 평가문제

pp.22~25

| 평가기준 | 정답 |
|---|---|
| **평가기준 01** 생명 현상의 특성을 예를 들어 설명할 수 있으며, 바이러스의 생물적, 무생물적 특성을 설명할 수 있다. | 053 ① 054 ③ 055 ③ 056 ① |
| **평가기준 02** 생물체를 구성하는 기본 물질의 종류와 각각의 특징과 생체 내에서 주요 역할을 설명할 수 있다. | 057 ⑤ 058 ② 059 ① |
| **평가기준 03** 생물 구성 체계를 알고, 상위 단계가 하위 단계로 구성됨을 예를 들어 설명할 수 있고, 세포의 기본적인 구조의 기능을 제시할 수 있다. | 060 ⑤ 061 ③ 062 ② 063 ③ 064 ④ 065 ④ 066 ④ |
| **평가기준 04** 특정한 탐구 주제에 대해서 귀납적 탐구 방법이나 연역적 탐구 방법을 구체적으로 적용하여 실험을 설계할 수 있다. | 067 ⑤ 068 ④ |

**053** 파스퇴르는 이 실험을 통해 어버이가 있어야 자손이 만들어진다는 것을 알아냈고, 이를 토대로 생물은 생물로부터 생긴다는 생물 속생설을 주장했다. 이것은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.
① 효모가 무성 생식인 출아법을 통해 개체수를 늘리는 것은 생명 현상의 특성 중 생식에 해당한다.
[오답피하기] ② 식사를 하면 인슐린 분비가 증가하여 혈당량이 조절되는 것은 생명 현상의 특성 중 항상성 유지에 해당한다.
③ 파리의 알이 구더기와 번데기를 거쳐 파리가 되는 것은 생명 현상의 특성 중 발생에 해당한다.
④ 밝은 곳에서 어두운 곳으로 나갔을 때 빛의 세기 변화에 의해 동공이 변화되는 반응을 보이는 것은 생명 현상의 특성 중 자극에 대한 반응에 해당한다.
⑤ 염생 식물이 염류 분비샘이 있어 염분이 많은 토양에서도 살 수 있는 것은 생명 현상의 특성 중 적응에 해당한다.

**054** 환경 변화에 대해 생물이 근본적으로 자신의 형태나 생활 습성 등을 변화시킴으로써 환경에 맞추어 가는 현상을 적응이라고 하며, 생물이 오랜 세월에 걸쳐 환경에 적응하는 과정에서 유전자 구성이 다양하게 변화되는 현상을 진화라고 한다.
선인장의 잎이 가시 모양으로 바뀐 것은 비가 안 오는 지역에 적응하여 형태가 바뀐 것이므로 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.
독감을 일으키는 바이러스의 종류가 해마다 다른 것은 환경에 적응하여 새로운 형질을 가진 개체가 된 것이므로 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.
주둥이가 긴 나방이 꽃 속 깊숙이 꿀이 있는 난초의 꿀을 먹기 위해 주둥이가 길게 변한 것은 생명 현상의 특성 중 적응과 진화에 해당한다.

**055** ㄷ. (가)와 (나)는 화성 토양에 생명체가 존재할 경우 생명 현상의 특성 중 물질대사를 할 것이라는 가정 하에 실험한 것이다. (가)는 이화 작용, (나)는 동화 작용을 이용한 실험이다.
[오답피하기] ㄱ. (가)는 화성 토양을 넣은 용기에 영양분 용액을 넣으면서 기체 성분비의 변화를 관찰한 것이다. 방사성 영양분을 넣은 것이 아니므로 방사성 물질에 대한 생명체의 반응을 알 수 없다.
ㄴ. (나)는 광합성(동화 작용)을 하는 생명체가 화성 토양 내에 존재하는지를 알아보기 위한 것이다. 화성 토양에 광합성을 하는 생명체가 있다면 광합성을 통해 $^{14}C$를 함유한 유기물을 합성할 것이고, 용기 내의 방사성 기체를 제거하고 가열하면 새로 합성된 유기물이 연소되어 방사능이 검출될 것이다. 즉, (나)에서 가열하는 이유는 에너지 공급을 위해서가 아니라 합성된 유기물을 분해하기 위해서이다.

**056** ㄱ. 바이러스 X가 살아 있는 세포 안에서 개체수가 증가하는 것을 통해 숙주 세포 내에서 물질을 합성하고 증식할 수 있다는 것을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. 바이러스 X는 숙주 세포 내에서만 증식이 가능하다. 그러나 바이러스는 세포 구조를 갖추고 있지 못하므로 세포 분열은 일어나지 않는다.
ㄷ. 바이러스 X는 살아 있는 세포 내에서만 증식하므로 무생물에서 생물로 진화하는 중간 형태라고 할 수 없다.

**057** ㄴ. ㉡은 지질이며, 지질의 종류에는 인지질, 스테로이드, 중성 지방이 있다.
ㄷ. 영양소 C는 3대 영양소 중 에너지 저장 비율이 가장 낮지만, 주에너지원으로 쓰이는 탄수화물이다.
[오답피하기] ㄱ. 단백질(㉠)의 구성 단위는 아미노산이다. 인체 구성 비율은 단백질과 지질이 비슷하지만, 에너지 저장 비율은 단백질이 지질보다 낮으므로 (나)의 영양소 B는 단백질이다.

**058** (가)는 탄수화물, (나)는 단백질, (다)는 물이다.
ㄴ. 사람의 세포 원형질을 구성하는 비율은 탄수화물(가)보다 단백질(나)이 더 높다.
[오답피하기] ㄱ. 탄수화물(가)의 구성 원소는 C, H, O이고, 단백질(나)의 구성 원소는 C, H, O, N이다.
ㄷ. 인체 내에서 합성되지 않으며, 적은 양으로 생리 작용을 조절하는 물질은 비타민과 무기 염류이다. 비타민은 인체의 구성 성분으로는 사용되지 않는다.

**059** (가)는 탄수화물, (나)는 단백질, (다)는 물, (라)는 지질의 일종인 중성 지방이다.
① (가)는 단당류인 포도당이 여러 개 결합된 다당류이다. 단백질(나)은 아미노산이 펩타이드 결합으로 연결되어 있다.
[오답피하기] ② 단백질(나)은 효소, 호르몬, 항체의 주요 구성 성분으로, 생리 작용을 조절하는 역할을 한다.

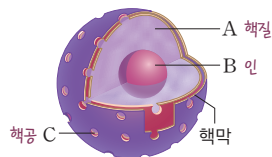
③ 물(다)은 비열과 기화열이 커서 체온을 유지하는 데 유리하다.
④ 중성 지방(라)은 지방산과 글리세롤로 구성되어 있으며, 피하나 장간막에 축적되어 에너지 저장과 체온 유지에 중요한 역할을 한다.
⑤ 탄수화물(가), 단백질(나), 중성 지방(라)은 에너지원으로 사용된다.

**060** A는 엽록체, B는 세포벽, C는 세포막, D는 미토콘드리아, E는 골지체이다.
ㄱ. 엽록체(A)와 세포벽(B)은 식물 세포에만 존재한다.
ㄴ. 엽록체(A)와 미토콘드리아(D)는 자체 DNA와 RNA, 리보솜을 가지고 있으므로 스스로 단백질을 합성할 수 있으며, 자기 증식이 가능하다.
ㄷ. 세포막(C)과 골지체(E)는 인지질 2중층으로 된 단일막 구조를 가진다.

**오개념 피하는 노하우**
- 2중막 구조를 가진 세포 소기관에는 핵, 엽록체, 미토콘드리아가 있다.
- 단일막 구조를 가진 세포 소기관에는 소포체, 골지체, 리소좀, 액포, 세포막이 있다.
- 막 구조가 없는 세포 소기관에는 인, 리보솜, 중심체가 있다.

**061** A는 핵질, B는 인, C는 핵공이다.
ㄱ. 핵질(A)에는 염색사가 들어 있다. 염색사는 유전 물질인 DNA와 히스톤 단백질로 구성되어 있으며, 유전 형질 발현에 관여하고, 세포 분열 시 응축되어 염색체로 된다.
ㄷ. 핵막에 있는 핵공(C)은 핵과 세포질 사이의 물질 이동 통로이다.
[오답피하기] ㄴ. 인(B)은 막 구조가 없으며, RNA와 단백질로 구성되어 있고, 리보솜을 합성한다.

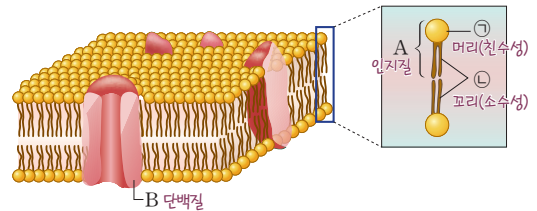
**자료 분석 노하우**

■ 핵의 구조

- 핵은 세포의 생명 활동을 조절하는 중심 기관으로, 유전자가 포함된 DNA가 있다.
- 핵질(A)은 핵을 채우고 있는 물질로 DNA, RNA, 단백질 등이 포함되어 있다. 특히 DNA와 단백질로 구성된 염색사는 세포 분열 시 응축되어 염색체가 된다.
- 인(B)은 RNA와 단백질로 구성되며, 리보솜을 합성한다.
- 핵공(C)은 RNA가 세포질로 이동하는 통로 역할을 한다.
- 핵막은 2중막 구조를 갖는다.

**062** (가)는 거친면 소포체, (나)는 미토콘드리아, (다)는 골지체이다.
ㄴ. 미토콘드리아(나)는 세포 호흡 장소이며, 식물 세포와 동물 세포에 모두 존재한다.
[오답피하기] ㄱ. 거친면 소포체(가)는 납작한 주머니 모양의 미세한 관이 복잡하게 얽혀 있고, 표면에 리보솜이 부착되어 있다. 리소좀은 골지체에서 만들어진 주머니 모양의 구조물로, 가수 분해 효소를 함유하고 있어 세포 내 소화를 담당한다.
ㄷ. 골지체(다)는 납작한 주머니를 여러 겹 쌓아 놓은 모양의 구조물로, 세포에서 만들어진 물질을 저장하거나 세포 밖으로 분비한다. 노폐물이나 색소가 존재하며, 성숙한 식물 세포일수록 발달하는 것은 액포이다.

**063** ㄱ. B는 세포막의 중간 중간에 끼여 있는 단백질이다. 단백질(B)을 구성하는 기본 단위는 아미노산이다.
ㄷ. 세포막은 기본적으로 단백질과 인지질로 구성된 인지질 2중층 구조이다. 리소좀과 액포도 인지질 2중층으로 된 단일막 구조이다.
[오답피하기] ㄴ. A는 인지질이며, ㉠은 인지질의 머리 부분으로 친수성을 띠고, ㉡은 인지질의 꼬리 부분으로 소수성을 띤다.

**자료 분석 노하우**

■ 세포막의 구조와 기능

| | |
|---|---|
| 인지질(A) | • 글리세롤과 지방산으로 구성된 지질에 인산이 추가로 결합<br>• 양친매성 : 전하를 띤 인산이 포함된 친수성 머리와 전하를 띠지 않는 지방산이 포함된 소수성 꼬리<br>• 인지질 2중층 : 세포 안팎은 대부분 물이므로, 친수성 머리(㉠)는 안팎을 향해 물과 접하고, 소수성 꼬리(㉡)는 물을 피해 막 내부에서 서로 마주 봄으로써 2중층을 이룬다. |
| 단백질(B) | 세포막을 관통하고 있거나, 세포막 표면에 결합되어 있다. |

**064** A는 표피 세포, B는 울타리 조직, C는 해면 조직, D는 관다발, E는 공변세포이다.
ㄴ. 표피 세포(A)와 공변세포(E)는 표피 조직계에 속한다. 표피 세포(A)는 식물체의 겉을 싸서 보호하고, 공변세포(E)는 기공을 이루어 기체의 출입에 관여한다.
ㄷ. 울타리 조직(B)과 해면 조직(C)은 엽록체가 있어 광합성이 활발하게 일어나고, 기본 조직계에 속한다.
[오답피하기] ㄱ. 관다발(D)은 물관과 체관으로 되어 있으며, 관다발 조직계에 속한다.

**065** ㄱ. 상피 조직(가)은 신체나 각 기관의 표면을 덮어 보호하고, 물질의 흡수 및 분비 등의 기능을 한다.

ㄴ. (나)는 신경 조직, (다)는 결합 조직이다.

[오답피하기] ㄷ. 조직은 식물과 동물의 공통 구성 단계이다.

**066** ㄴ. 모양과 기능이 유사한 세포들의 모임을 조직이라고 한다. 동물의 경우 상피 조직, 결합 조직, 근육 조직, 신경 조직 등이 있으며, 식물의 경우 표피 조직, 기계 조직, 통도 조직 등이 있다.

ㄷ. 동물의 심장과 콩팥은 기관이고, 식물의 꽃과 뿌리도 기관이다.

[오답피하기] ㄱ. 근육은 조직에 해당한다.

**067** ㄴ. (나)에서 라면의 맛을 결정하는 요인을 알아보기 위해 알루미늄, 양은, 내열 유리로 만든 용기를 준비하였으므로, 용기의 재질 이외의 변인은 통제되어야 한다. 따라서 각 용기의 크기와 두께는 같아야 한다.

ㄷ. 탐구 과정 순서는 (다) → (라) → (나) → (가) → (마) → (바)이다.

[오답피하기] ㄱ. 조작 변인은 용기의 재질이다.

**068** ㄴ. 페트리 접시 A와 C를 비교하면 온도만 다르고 다른 조건이 같으므로 온도에 따라 콩이 싹트는 정도를 알 수 있다. 종속 변인은 실험 결과에 해당하므로 페트리 접시 A와 C의 비교에서 종속 변인은 콩이 싹트는 정도이다.

ㄷ. 페트리 접시 B와 C는 빛의 세기만 다르고 다른 조건은 같으므로 서로 다른 빛의 세기가 조작 변인이 되어 결과를 비교할 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 온도가 미치는 영향을 알기 위해서는 온도만 다르고 용액의 액성과 빛의 세기가 같아야 한다. 그러나 페트리 접시 A와 B는 온도와 빛의 세기가 서로 다르므로 온도가 미치는 영향을 정확히 알 수 없다.

# II 세포와 생명의 연속성

## 03 염색체

**핵심 문제로 개념 마무리** p.26

**1** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) ×

**1** (1) 염색사는 분열기가 아닌 간기의 세포 핵 속에 존재하는 가느다란 실 모양의 형태로, DNA와 히스톤 단백질로 구성되어 있다.

(2) 생물의 형질에 대한 유전 정보가 있는 DNA의 특정 부분을 유전자라고 한다.

(3) 상동 염색체의 같은 위치에는 한 형질을 결정하는 대립 유전자가 존재하는데, 대립 유전자는 부계와 모계로부터 하나씩 물려받은 것이다.

(4) 상염색체는 남녀가 공통으로 가지고 있는 염색체이다. 사람의 체세포에는 46개의 염색체가 있는데, 이 중 44개(22쌍)가 상염색체이고, 2개(1쌍)가 성염색체이다.

**내신분석 기출문제** pp.27~30

**069** ⑤ **070** ③ **071** ⑤ **072** ② **073** ② **074** 해설 참조 **075** ② **076** ⑤ **077** 해설 참조 **078** ③ **079** ① **080** ③ **081** ⑤ **082** ③ **083** ① **084** ④ **085** ② **086** ④ **087** ② **088** ⑤ **089** ㉠ 상, ㉡ 성, ㉢ 남자

**069** ⑤ DNA와 히스톤 단백질의 복합체가 뉴클레오솜이다. 염색사는 수백만 개의 뉴클레오솜으로 이루어져 있고, 염색사가 응축되어 염색체가 된다. 따라서 염색체에도 뉴클레오솜이 존재한다.

[오답피하기] 염색체는 염색사가 응축된 형태로 세포가 분열할 때 보이며, 간기에 DNA 복제가 일어나기 때문에 세포 분열 전기에 각각의 염색체는 2개의 염색 분체로 이루어져 있다.

**070** ㄱ. A는 핵산의 일종인 DNA이며, DNA는 생물의 형질을 결정하는 유전 정보를 담고 있다.

ㄷ. C는 DNA 복제가 이루어진 염색체이다. 따라서 C는 대립 유전자 구성이 서로 같은 2가닥의 염색 분체로 이루어져 있다.

[오답피하기] ㄴ. B는 DNA가 히스톤 단백질을 감고 있는 구조물인 뉴클레오솜이다. 따라서 B는 DNA와 단백질로 이루어져 있다.

**071** ㄴ. A와 같이 염색사가 응축되어 형성된 염색체는 세포 분열 중에 관찰된다.

ㄷ. B는 염색체나 염색사를 구성하는 기본 단위인 뉴클레오

솜이다.

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 히스톤 단백질을 감고 있는 구조인 DNA이다.

오개념 피하는 노하우

DNA가 히스톤 단백질을 휘감은 구조가 뉴클레오솜이며, 뉴클레오솜은 염색체 또는 염색사를 구성하는 기본 단위이다.

**072** ㄴ. ㉡은 DNA이며, DNA는 디옥시리보스, 인산, 염기로 이루어져 있다.

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 염색체나 염색사를 구성하는 기본 단위인 뉴클레오솜이다.

ㄷ. 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다. 그림의 염색체는 상동 염색체 중 하나만 제시되었으므로 A의 대립 유전자는 알 수 없다.

오개념 피하는 노하우

- DNA를 구성하는 당은 디옥시리보스이고, RNA를 구성하는 당은 리보스이다.
- 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 있으므로 1개의 염색체만으로는 유전자 A의 대립 유전자를 알 수 없다.

**073** ㄴ. ㉡은 히스톤 단백질을 DNA가 감고 있는 구조인 뉴클레오솜이다.

[오답피하기] ㄱ. 염색 분체는 S기에 DNA가 복제되어 만들어지므로 ㉠은 대립 유전자 a가 아닌 대립 유전자 A이다.

ㄷ. ㉢은 염색체를 구성하는 핵산이므로 DNA이다.

**074** 염색체는 세포가 분열할 때에는 응축된 상태로 나타나지만, 세포가 분열하지 않을 때에는 가느다란 실 모양의 염색사 형태로 풀어져 존재한다.

모범답안 유전 정보의 손상을 막고, 2개의 딸세포에 유전 물질이 균등하게 나뉘어 들어가도록 하기 위해서이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 세포 분열 시 염색사가 염색체로 응축되어야 하는 이유를 유전 정보의 손상 방지, 유전 물질의 균등 분배로 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 세포 분열 시 염색사가 염색체로 응축되어야 하는 이유를 유전 정보의 손상 방지, 유전 물질의 균등 분배 중 1가지만 포함하여 옳게 설명한 경우 | 3점 |

**075** 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재하므로 유전자 A의 대립 유전자 a는 ㉡에 있다.

[오답피하기] ① ㉠에는 유전자 A가 있다.

**076** ㄷ. 상동 염색체의 같은 위치에 동일한 형질을 결정하는 대립 유전자가 존재하며, 유전자들은 염색체에 일정한 위치와 순서로 배열되어 있다.

ㄹ. (가)와 (나)는 짝을 이루고 있는 상동 염색체로, 하나는 부계로부터, 다른 하나는 모계로부터 물려받은 것이다.

[오답피하기] ㄱ. (가)와 (나) 중 하나는 부계, 다른 하나는 모계로부터 물려받은 것으로, 유전자 구성이 동일하지 않아 동일한 유전 정보를 가지지 않는다.

ㄴ. 상동 염색체의 같은 위치에 존재하는 유전자가 대립 유전자이다. 따라서 유전자 A의 대립 유전자는 A이고, 유전자 b의 대립 유전자는 b이다.

**077** 감수 분열에 의해 정자와 난자가 형성될 때 정자와 난자에 쌍을 이루고 있는 상동 염색체 중 하나만 들어간다. 그리고 정자와 난자가 수정을 하면 상동 염색체는 다시 쌍을 이룬다. 따라서 상동 염색체 중 하나는 어머니로부터, 다른 하나는 아버지로부터 물려받은 것이다.

모범답안 쌍을 이룬 염색체 중 하나는 어머니로부터, 다른 하나는 아버지로부터 물려받기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 상동 염색체가 쌍으로 존재하는 이유를 부모로부터 하나씩 물려받기 때문이라고 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 상동 염색체가 쌍으로 존재하는 이유를 부모로부터 물려받기 때문이라고만 설명한 경우 | 3점 |

**078** ㄷ. 사람의 염색체 46개 중 상염색체는 44개, 성염색체는 2개이다. 생식 세포인 정자와 난자는 감수 분열에 의해 형성되므로 체세포 염색체 수의 절반인 23개가 들어 있으며, 그중 상염색체는 22개이고 성염색체는 1개이다.

[오답피하기] ㄱ. 핵형은 염색체의 수, 모양, 크기 등과 같은 특성을 의미한다. 따라서 침팬지와 감자의 염색체 수가 같다고 해서 핵형이 동일한 것은 아니다.

ㄴ. 하나의 염색체에는 수많은 유전자가 들어 있다. 따라서 사람에서 염색체 수는 46개지만 유전자 수는 약 2만 5000~4만 개 정도로 훨씬 많다.

오개념 피하는 노하우

■ **생물의 염색체 수**

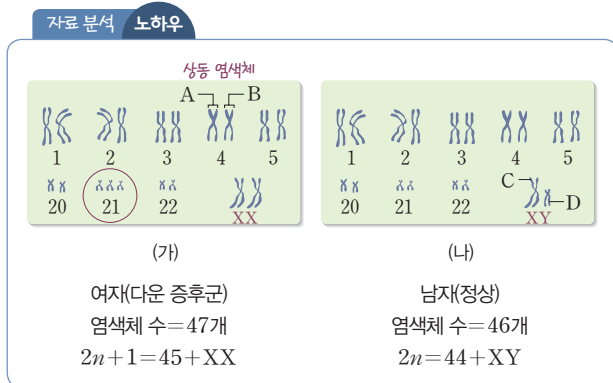
특정 생물 종의 염색체 수는 일정하며, 침팬지와 감자처럼 서로 다른 생물 종이라도 염색체 수는 같을 수 있다. 대부분의 동물 체세포는 핵상이 $2n$이므로 짝수의 염색체를 갖는다.

**079** ㄱ. 이 동물의 성염색체 구성은 사람과 동일하므로 유전자 A가 있는 염색체는 X 염색체, 유전자 B가 있는 염색체는 Y 염색체로 성염색체임을 알 수 있다. 따라서 이 동물의 상염색체 수는 6개(3쌍)이다.

[오답피하기] ㄴ. 1쌍의 성염색체는 감수 분열 시 접합하였다가 분리되므로 상동 염색체로 간주하지만, X 염색체에 비해 Y 염색체에는 유전자가 많지 않으며, X 염색체와 Y 염색체는 유전자 구성이 다르다. 또한, 유전자 A와 B는 같은 위치에 존재하지 않으므로 동일한 형질을 결정하는 대립 유전자가 아니다.

ㄷ. ㉠과 ㉡ 중 하나는 부계로부터, 다른 하나는 모계로부터 물려받은 것이므로 유전자 구성이 다르다.

**080** ③ A와 B는 상동 염색체이며, 둘 다 X 염색체로 같은 위치에 대립 유전자가 존재한다.
[오답피하기] (가)에서는 A와 B가 X 염색체이므로 암컷 초파리, (나)에서 C는 X 염색체, D는 Y 염색체이므로 수컷 초파리의 염색체 구성을 나타낸 것이다. 6개의 상염색체와 2개의 성염색체로 구성된 초파리의 핵상은 $2n=8$이다.

**081** ㄱ. 핵형 분석에서 모양과 크기가 같은 상동 염색체는 짝을 지어 배열하므로, A와 B는 상동 염색체이다.
ㄴ. 핵형 분석에서 성염색체는 맨 끝에 배열하며, C는 X 염색체, D는 Y 염색체이다.
ㄷ. (가)는 21번 염색체 수가 3개이므로 체세포 1개당 상염색체 수는 45개이고, 정상인 (나)의 상염색체 수는 44개이다. 따라서 체세포 1개당 상염색체 수는 (가)가 (나)보다 많다.

**082** ㄷ. 제시된 동물 세포는 상동 염색체가 쌍으로 존재하므로 체세포이다. 핵형 분석에서 맨 마지막에 배열된 X와 Y 염색체는 성염색체이고, 1~3번 염색체는 상염색체이다. 따라서 체세포에 들어 있는 상염색체 수는 3쌍(6개)이다.
[오답피하기] ㄱ. A는 1번 염색체, B는 2번 염색체이므로 A는 B의 상동 염색체가 아니다.
ㄴ. 체세포의 핵상이 $2n=8$이므로 생식 세포의 핵상은 $n=4$이다.

**083** ㄱ. 이 세포에는 각각의 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상이 $2n$이다.
[오답피하기] ㄴ. ㉠과 ㉡은 모양과 크기가 같지만 ㉢과 ㉣은 모양과 크기가 다르다. 이를 통해 ㉢과 ㉣이 성염색체이고, ㉠과 ㉡은 상염색체라는 것을 알 수 있다.
ㄷ. ㉢과 ㉣ 중 하나는 모계로부터, 다른 하나는 부계로부터 물려받은 것이다.

**084** ㄱ. 4쌍의 상동 염색체를 가지고 있으므로 핵상은 $2n$이다.
ㄷ. 모양과 크기가 같은 1쌍의 염색체를 상동 염색체라고 하므로 이 동물은 4쌍의 상동 염색체를 가지고 있다.
[오답피하기] ㄴ. 1개의 염색체는 2개의 염색 분체로 구성되므로 4쌍의 상동 염색체는 총 16개의 염색 분체로 이루어져 있다.

**085** ㄴ. 핵형은 한 생물이 가지는 염색체의 특성이며, 염색체는 핵 속에 들어 있다. 따라서 핵형 분석을 할 때는 핵이 있는 세포를 이용해야 하므로, ㉠은 혈액에서 핵이 있는 세포인 백혈구이다.
[오답피하기] ㄱ. 이 사람의 성염색체 구성은 XX이므로 여자이다. 남자의 성염색체 구성은 XY이다.
ㄷ. 핵형 분석을 통해서는 염색체의 수와 모양을 알 수 있다. 이 사람의 체세포에 들어 있는 염색체 수는 46개이며, 염색체에는 많은 수의 유전자가 존재하는데 사람의 유전자 수는 약 2만 5000~4만 개 정도이다.

**086** ④ 이 사람은 22쌍의 상염색체와 1쌍의 성염색체 XY를 가지고 있으므로 핵형이 $2n=44+XY$로서 정상 남자이다. 생식 세포는 감수 분열에 의해 만들어지므로 염색체 수가 체세포의 절반이 된다. 따라서 이 사람의 정상적인 생식 세포에는 체세포의 절반인 23개의 염색체가 들어 있다.
[오답피하기] ① 이 사람의 성별은 남자이다.
② A와 B는 하나의 염색체를 구성하는 2가닥의 염색 분체이므로 유전자 구성이 동일하다.
③ 크기가 큰 C는 X 염색체이므로 어머니로부터, D는 Y 염색체이므로 아버지로부터 물려받은 것이다.
⑤ 1번~22번까지의 염색체는 남녀 공통으로 들어 있는 상염색체이다.

**087** ㄴ. 유전자 g가 있는 염색체는 Y 염색체이며, Y 염색체를 물려받은 자녀는 어머니에게서 X 염색체를 물려받으므로 XY가 되어 남자가 된다. 그러므로 이 남자의 유전자 g는 아들에게만 전달된다.
[오답피하기] ㄱ. ㉠과 ㉡은 염색 분체이다.
ㄷ. 유전자 A의 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재하는 유전자 a이다.

**088** ⑤ 남자와 여자의 체세포에 공통으로 존재하는 염색체는 상염색체이며, 상염색체의 수는 각각 44개이다.
[오답피하기] ① 사람의 체세포는 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상이 $2n$이다.
② 상동 염색체는 감수 분열 시 접합하는 1쌍의 염색체로, 대부분 모양과 크기가 같다. 따라서 여자의 체세포에는 23쌍의 상동 염색체가 있다.
③ 여자의 체세포에는 2개의 X 염색체가, 남자의 체세포에는 1개의 X 염색체가 있다.
④ 사람의 체세포에는 44개(22쌍)의 상염색체, 2개(1쌍)의 성염색체가 있다.

**089** 남자와 여자에 공통으로 존재하는 염색체는 상염색체이며, 사람의 체세포에서 1~22번으로 번호 매겨진 염색체가 상염색체이다. 따라서 ㉠은 '상'이다. X와 Y 염색체는 남자와 여자를 결정하는 유전자를 지닌 성염색체이며, X와 Y 염색체를 1개씩 가지고 있으면 남자, 2개의 X 염색체를 가지고 있으면 여자이다. 따라서 ㉡은 '성'이고, ㉢은 '남자'이다.

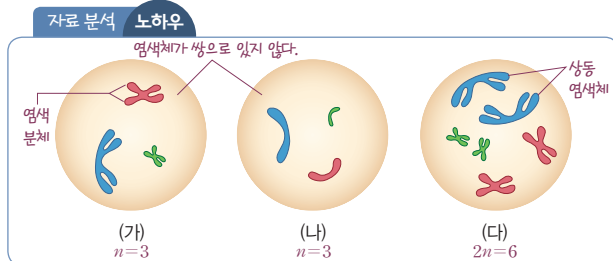
## 내신완성 1등급문제 p.31

**090** ④ **091** ④ **092** ④ **093** 해설 참조

**090** ㄱ. (가)에는 3개의 염색체가 있고, 하나의 염색체가 2가닥의 염색 분체로 이루어져 있다. 따라서 (가)의 염색 분체 수는 6개이다.

ㄷ. (가)는 상동 염색체가 쌍을 이루고 있지 않으므로 핵상은 $n$, (다)는 상동 염색체가 쌍을 이루고 있으므로 핵상은 $2n$이다. 따라서 (가)와 (다)의 핵상은 서로 다르다.

[오답피하기] ㄴ. 유전자 R와 r는 상동 염색체의 같은 위치에 존재하는 대립 유전자인데, (나)에는 상동 염색체가 쌍을 이루고 있지 않다. 따라서 (나)에는 유전자 R와 r가 모두 있지 않고 둘 중 하나만 있다.

자료 분석 노하우

**091** ㄱ. 핵상이란 하나의 세포 속에 들어 있는 염색체의 상대적인 수를 뜻하며, 각각의 염색체가 쌍으로 있는 경우에는 $2n$으로 표시한다. 정상인 (가)는 46개의 염색체를 가지고 있고, 각각의 염색체가 쌍으로 있으므로 핵상은 $2n$이다.

ㄴ. (나)는 (가)와 비교하여 21번 염색체가 1개 더 많다. 이와 같이 21번 염색체가 정상인보다 1개 더 많은 사람은 다운 증후군이다.

[오답피하기] ㄷ. (나)는 상염색체인 21번 염색체가 3개인 경우로, 남자와 여자에게서 모두 나타날 수 있다.

**092** ㄱ. 이 염색체는 2가닥의 염색 분체로 이루어져 있으며, ㉠은 염색 분체이다. 유전자 X는 ㉠과 다른 염색 분체에 있는데, 염색 분체는 유전 정보가 동일하므로 ㉠에도 유전자 X가 있다.

ㄴ. ㉡은 동원체이며, 세포 분열 시 방추사가 붙는 부위이다.

[오답피하기] ㄷ. ㉢은 DNA와 히스톤 단백질로 구성된 뉴클레오솜이다. DNA는 핵 속에서 합성되고, 단백질은 리보솜에서 합성된다. 따라서 ㉢을 구성하는 성분이 모두 리보솜에서 합성되는 것은 아니다.

**093** 서술형 해결전략

**Step ① 문제 포인트 파악**

염색사를 이루는 기본 단위와 이 기본 단위를 이루는 성분을 알아야 한다.

**Step ② 관련 개념 모으기**

❶ 염색사란 무엇인가?

→ 염색사는 간기의 세포 핵 속에 존재하는 가느다란 실 모양의 구조물로, DNA와 히스톤 단백질의 복합체이다.

❷ 염색사를 구성하는 기본 단위는?

→ 뉴클레오솜이며, 하나의 염색사는 수백만 개의 뉴클레오솜이 연결되어 있는 구조이다.

모범답안 뉴클레오솜, 뉴클레오솜(A)은 DNA가 히스톤 단백질을 감고 있는 구조이다.

유사답안 뉴클레오솜, A는 DNA와 히스톤 단백질로 이루어져 있다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 뉴클레오솜을 쓰고, A는 DNA가 히스톤 단백질을 감고 있는 구조라고 옳게 설명한 경우 | 6점 |
| 뉴클레오솜을 쓰고, A가 DNA, 단백질로 구성된 구조물이라고만 설명한 경우 | 4점 |
| 뉴클레오솜을 쓰고, A가 핵산, 단백질로 구성된 구조물이라고만 설명한 경우 | 3점 |
| 뉴클레오솜이라고만 쓴 경우 | 2점 |

## 04 세포 분열

핵심 문제로 개념 마무리 p.33

**1** (1) ○ (2) ○ (3) ○ (4) × (5) ○ (6) × **2** (1) $G_1$기, S기, $G_2$기 (2) 전이 (3) 세포판 (4) 염색 분체

**1** (1) 세포 주기는 분열로 생긴 딸세포가 자라서 다시 분열을 끝마칠 때까지의 기간으로, 간기와 분열기로 구분된다.
(2) 체세포 분열은 DNA 복제 후 염색 분체가 분리되어 2개의 딸세포가 형성되는 과정이므로, 딸세포의 염색체 수는 모세포와 동일하다.
(3) 동물 세포는 핵분열 말기가 끝날 무렵 세포막이 바깥쪽에서 안쪽으로 함입하여 세포질이 나누어진다.
(4) 감수 1분열 전기에 상동 염색체끼리 접합하여 2가 염색체가 형성된다.
(5) 감수 분열 결과 형성된 생식 세포의 염색체 수와 DNA양은 모두 체세포의 절반이기 때문에 수정 과정을 통해 생성된 수정란의 염색체 수와 DNA양은 체세포와 동일하다. 따라서 세대를 거듭해도 자손의 염색체 수를 일정하게 유지할 수 있다. 감수 분열 과정에서 상동 염색체들이 세포 중앙에 무작위로 배열된 후 분리되므로 유전적으로 다양한 생식 세포가 만들어진다. 따라서 감수 분열은 자손의 유전적 다양성을 증가시킨다.
(6) 체세포 분열 결과 2개의 딸세포가 만들어지고, 감수 분열 결과 4개의 딸세포가 만들어진다.

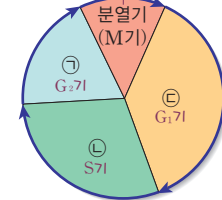
**2** (1) 세포 주기 중 간기는 $G_1$기, S기, $G_2$기로 구분된다.
(2) 암세포는 접착력이 약하기 때문에 암세포 덩어리에서 떨어져 나와 혈액이나 림프관을 따라 전이가 가능하다.
(3) 식물 세포의 세포질 분열 과정에서 형성된 세포판은 이후 새로운 세포벽이 된다.
(4) 감수 1분열 과정에서 상동 염색체가 분리되어 염색체 수와 DNA양이 모두 반으로 줄어들고, 감수 2분열 과정에서 염색 분체가 분리되어 염색체 수는 변하지 않고 DNA양만 반으로 줄어든다.

내신분석 **기출문제** pp.34~38

**094** ① **095** ① **096** ② **097** ② **098** ③ **099** 물질 A : $G_2$기, 물질 B : 분열기(M기) **100** 해설 참조 **101** ④ **102** ④ **103** ④ **104** ③ **105** ⑤ **106** ③ **107** ④ **108** ④ **109** ④ **110** ② **111** ③ **112** ① **113** ③ **114** ④ **115** ③ **116** (1) ㄴ, ㄷ (2) ㄱ

**094** ① 간기는 $G_1$기, S기, $G_2$기로 구분된다. 이 중 DNA의 복제는 S기에만 일어난다.
[오답피하기] ② 간기에는 염색체가 염색사 형태로 풀어져 존재하다가 분열기에 염색사가 응축되어 염색체 형태로 나타난다. 따라서 응축된 형태의 염색체는 간기에는 관찰되지 않고 분열기에 관찰된다.
③ 간기는 $G_1$기 → S기 → $G_2$기 순으로 진행되며, S기일 때 DNA 복제가 일어난다. 따라서 $G_2$기가 $G_1$기일 때보다 DNA양이 2배 더 많다.
④ 세포 주기의 약 90 %는 간기가 차지하며, 분열기는 매우 짧다.
⑤ 세포 주기는 세포의 생장과 유전 물질의 복제가 일어나는 간기와 분열이 일어나는 분열기로 구분한다.

**095** ㄱ. ㉠은 $G_2$기, ㉡은 S기, ㉢은 $G_1$기이다.
[오답피하기] ㄴ. ㉡ 시기(S기) 동안 DNA 복제가 일어나 핵 속의 유전 물질이 2배로 증가하므로 핵 1개당 DNA양은 변화가 있다.
ㄷ. 방추사는 분열기(M기)에 나타나 염색체를 이동시키는 역할을 한다. 반면, ㉢ 시기($G_1$기)에는 세포 구성 물질을 합성하고, 세포 소기관의 수가 증가한다.

자료 분석 노하우

- $G_1$기 : 단백질을 비롯한 여러 가지 세포 구성 물질을 합성하고, 세포 소기관의 수가 증가한다. ➡ 세포의 생장 시기로, 염색체는 관찰되지 않고 핵은 관찰된다.
- S기 : DNA가 복제되는 시기로, 유전 물질의 합성이 일어나 DNA양이 2배로 된다.
- $G_2$기 : 세포 분열을 준비하는 시기로, 방추사의 합성에 필요한 물질을 합성한다.
- 분열기(M기) : 염색체가 관찰되며, 핵분열과 세포질 분열이 일어난다.

**096** ㄷ. A 구간의 세포 1개당 DNA양은 1이고, C 구간의 세포 1개당 DNA양은 2이므로, A 구간의 세포는 $G_1$기, C 구간의 세포는 $G_2$기 또는 분열기 상태임을 알 수 있다. 그리고 B 구간은 세포 1개당 DNA양이 1과 2 사이이므로 DNA 복제가 일어나고 있는 S기임을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄱ. DNA 복제는 B 구간의 세포에서 일어난다.
ㄴ. 염색체는 분열기에 관찰되므로, 간기의 S기 상태인 B 구간의 세포들에서는 관찰되지 않는다.

**097** ㄴ. (가)와 (나)에서 DNA 복제가 일어나는 시기인 S기가 각각 1회 있으므로, (가)와 (나)에서 모두 DNA 복제는 세포 주기당 1회 일어났다.
[오답피하기] ㄱ. (가)의 ㉠ 시기는 간기 중 $G_2$기이므로 염색사의 응축이 일어나지 않는다. 따라서 (가)의 ㉠ 시기에 2가

염색체는 형성되지 않는다. 2가 염색체는 감수 1분열 전기에 형성된다.
ㄷ. (나)에서는 세포의 생장이 가장 많이 일어나는 시기인 $G_1$기가 매우 짧으므로 세포의 생장은 거의 일어나지 않는다. 따라서 (나)가 반복될수록 세포의 세포질량은 감소한다. 이와 같은 세포 주기는 수정란의 초기 난할에서 볼 수 있다.

**098** ㄱ. DNA 복제는 S기에 일어나며, (가)의 S기는 8시간, (나)의 S기는 9시간이다. 따라서 DNA 복제에 걸리는 시간은 (가)보다 (나)가 길다.
ㄴ. 세포 주기가 짧을수록 빠르게 증식하는데, (가)의 세포 주기는 44시간, (나)의 세포 주기는 28시간, (다)의 세포 주기는 25시간이다. 따라서 (가)~(다) 중 가장 빠르게 증식하는 세포는 (다)이다.
[오답피하기] ㄷ. 간기는 $G_1$기, S기, $G_2$기를 모두 합한 시간이다. (가)의 간기 소요 시간은 32시간, (나)의 간기 소요 시간은 25시간, (다)의 간기 소요 시간은 20시간이다. 따라서 간기의 소요 시간이 긴 순서대로 나열하면 (가)>(나)>(다)이다.

**099** 물질 A를 처리한 세포는 세포당 DNA양이 정상 세포의 2배이므로 DNA는 복제되었고, 염색체는 관찰되지 않았다. 따라서 물질 A는 $G_2$기에서 멈추게 한다.
물질 B를 처리한 세포는 세포당 DNA양이 정상 세포의 2배이고, 염색체가 관찰되었다. 따라서 물질 B는 분열기(M기)에서 멈추게 한다.

**100** 세포 주기는 간기($G_1$기, S기, $G_2$기)와 분열기(전기, 중기, 후기, 말기)로 구분한다.
모범답안 세포 주기 1회에 소요되는 시간은 20시간이다. $G_1$기에 DNA 상대량이 1을 유지하고 있다가 S기에 DNA 복제가 일어나 DNA 상대량이 2로 늘어나며, $G_2$기와 분열기의 전기, 중기, 후기에 DNA 상대량이 2를 유지하다가 말기에 2개의 딸세포가 되면서 DNA 상대량이 1이 된다. 따라서 0~8시는 DNA가 복제되는 S기이고, 8~14시는 $G_2$기와 분열기, 14~20시는 $G_1$기이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 세포 주기는 20시간이며, 그 이유를 DNA 상대량과 $G_1$기, S기, $G_2$기, 분열기에 해당하는 시간과 연관 지어 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 세포 주기는 20시간이라고 하였지만, 그 이유를 시간에 따른 DNA 상대량을 보고 $G_1$기, S기, $G_2$기, 분열기에 해당하는 시간과 연관 지어 옳게 설명하지 못한 경우 | 4점 |
| 시간에 따른 DNA 상대량을 보고 $G_1$기, S기, $G_2$기, 분열기에 해당하는 시간을 설명했지만 일부 시기의 시간을 틀리게 설명한 경우 | 2점 |

**101** ㄱ. (가)에서 한 층을 이루면 분열을 멈추는 세포는 정상 세포이다. 정상 세포는 세포 주기가 정상적으로 조절되므로 서로 접촉하면 분열이 억제되었다가 일부 세포를 덜어내면 한 층을 이룰 때까지 다시 분열한다.
ㄷ. (나)에서 계속 분열을 하여 여러 층으로 쌓이는 세포는 암세포이다. 암세포는 세포 주기가 정상적으로 조절되지 않기 때문에 서로 접촉해도 분열이 억제되지 않고 계속 분열하여 세포 덩어리를 만드는데, 이 세포 덩어리를 종양이라고 한다.
[오답피하기] ㄴ. 정상 세포(가)와 암세포(나)는 모두 간기에 DNA 복제가 일어나며, 암세포(나)는 세포 주기 조절 기능에 이상이 생겨 세포 주기가 계속 반복되므로 분열을 거듭하게 된다.

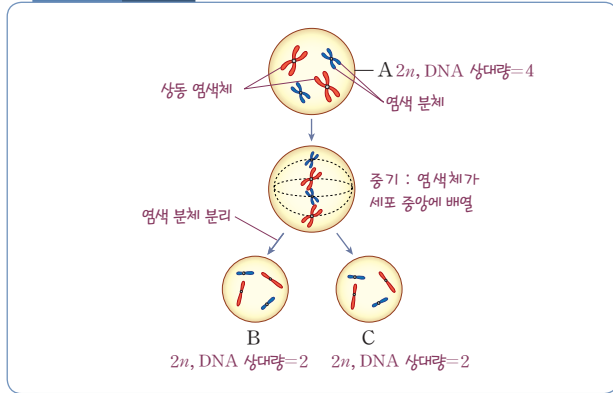
오개념 피하는 노하우
- 정상 세포는 세포 주기 조절이 정상이므로 세포 분열을 촉진하는 물질이 있을 때만 한 층을 이룰 때까지 분열하며, 일부 세포를 제거하면 다시 한 층이 될 때까지 분열한다.
- 암세포는 세포 주기 조절 기능에 이상이 생겼으므로 세포 분열을 촉진하는 물질의 유무에 관계없이 분열하며, 여러 층을 형성하여 세포 덩어리(종양)를 형성한다.
- 정상 세포와 암세포는 모두 간기와 분열기를 반복하며 세포 분열을 한다.

**102** ㄱ. 시기 Ⅰ은 유전 물질(DNA)의 복제가 일어나고 있으므로 S기이며, 이 시기에는 염색체 수에 변화가 없으므로 세포의 핵상은 체세포의 핵상과 동일한 $2n$이다.
ㄴ. 시기 Ⅱ에서 세포 1개당 DNA양이 절반으로 줄어든 것은 체세포 분열에서 하나의 염색체를 이루던 염색 분체가 서로 분리되어 세포의 양극으로 이동하였기 때문이다.
[오답피하기] ㄷ. 시기 Ⅲ에서 세포 1개당 DNA양의 변화가 없으므로 유전 물질(DNA)은 복제되지 않는다.

**103** 식물의 뿌리 끝부분에서는 체세포 분열이 일어나며, (가)는 전기, (나)는 후기, (다)는 간기, (라)는 말기, (마)는 중기의 모습을 나타낸 것이다.
④ 체세포 분열 중기(마)에 염색체가 세포 중앙에 일렬로 배열된다. 상동 염색체가 짝을 이룬 모습은 체세포 분열에서는 관찰되지 않고, 감수 분열에서 관찰된다.
[오답피하기] ① 간기(다)의 S기에 DNA가 복제된다.
② 말기(라)에 세포 중앙에서 세포판이 형성되어 안쪽에서 바깥쪽으로 자라면서 세포질이 분리된다.
③ 식물의 체세포 분열은 생장점, 형성층과 같은 분열 조직에서 세포의 수를 증가시키기 위해 일어난다.
⑤ 세포 분열은 간기(다) → 전기(가) → 중기(마) → 후기(나) → 말기(라) 순으로 진행된다.

**104** ③ 체세포 분열이 일어나면 다세포 생물의 경우 생장, 상처 부위의 재생 등이 이루어진다. 식물의 경우 체세포 분열은 길이 생장을 하는 생장점과 부피 생장을 하는 형성층에서 일어난다.
[오답피하기] ① 체세포 분열에서는 염색 분체가 분리되므로 A와 B의 염색체 수는 4개로 같다.
② 체세포 분열은 유전자 구성이 동일한 염색 분체가 세포의

양극으로 이동하여 2개의 딸세포를 만드는 과정이므로, 딸세포인 B와 C의 유전자 구성은 같다.
④ 체세포 분열에서는 1회의 핵분열이 일어나며, 감수 분열에서 2회의 핵분열이 일어난다.
⑤ 체세포 분열 결과 염색체 수는 그대로 유지된다.

자료 분석 노하우

**105** ⑤ 세포 주기에서 간기가 분열기보다 훨씬 길며, 간기에는 핵이, 분열기에는 염색체가 관찰된다. 따라서 현미경의 시야에는 핵이 있는 간기의 세포가 분열기의 세포보다 더 많이 관찰된다.
[오답피하기] ① A는 염색 분체가 세포의 양극으로 이동하는 상태이므로 체세포 분열 후기에 해당하고, 세포 중앙에 염색체가 배열되어 있는 B가 체세포 분열 중기에 해당한다.
② 2가 염색체는 감수 1분열 시 관찰할 수 있다.
③ 아세트산 카민 용액 또는 아세트올세인 용액은 핵이나 염색체를 붉게 염색한다.
④ 체세포 분열은 분열 전과 후의 염색체 수가 동일하다.

오개념 피하는 노하우

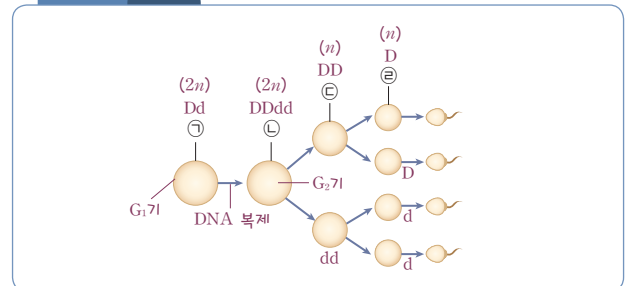
2가 염색체는 상동 염색체가 짝을 이룬 것으로, 감수 1분열 전기에 형성된다. 따라서 2가 염색체는 체세포 분열이 일어날 때에는 볼 수 없다.

**106** ㄱ. A는 동원체로, 방추사가 부착되는 부위이다.
ㄷ. 체세포 분열에서는 유전자 구성이 동일한 염색 분체가 나뉘어 2개의 딸세포를 형성하므로, 체세포 분열 결과 생성된 딸세포의 유전자 구성은 같다.
[오답피하기] ㄴ. B와 C는 하나의 염색체를 구성하는 염색 분체이다.

**107** ㄱ. 활짝 핀 꽃은 감수 분열이 이미 완료된 상태이므로 감수 분열 과정을 관찰하기가 어렵지만, 꽃이 피기 직전의 어린 꽃봉오리는 감수 분열에 의해 꽃가루가 형성되고 있다. 따라서 감수 분열을 관찰하기 위해서는 꽃이 피기 직전의 어린 꽃봉오리에 있는 꽃밥을 사용하는 것이 좋다.
ㄷ. (다) 과정은 엄지손가락으로 눌러 세포를 한 층으로 얇게 펴기 위한 것이다.
[오답피하기] ㄴ. (나) 과정은 아세트산 카민 용액으로 핵이나 염색체를 붉게 염색하기 위한 것이다.

**108** ㄴ. 이 세포 분열은 염색체 수가 반으로 줄어드는 감수 분열이며, 감수 분열은 생식 세포가 만들어지는 동물의 정소와 난소, 식물의 꽃밥과 밑씨와 같은 생식 기관에서 일어난다.
ㄷ. 감수 분열 결과 만들어진 생식 세포의 수정으로 체세포와 염색체 수가 같은 수정란이 형성되고, 수정란의 발생으로 자손이 태어난다. 그러므로 감수 분열에 의해 세대를 거듭해도 생물의 염색체 수는 일정하게 유지된다.
[오답피하기] ㄱ. A는 상동 염색체가 짝을 이룬 2가 염색체로, 2개의 염색체(4개의 염색 분체)로 구성되어 있다.

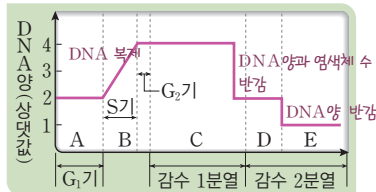
**109** ㄴ. ㉡은 $G_2$기의 세포이므로 각각의 염색체가 쌍으로 존재한다. 따라서 ㉡의 핵상은 $2n$이다.
ㄷ. ㉢이 ㉣로 되는 과정은 감수 2분열이며, 감수 2분열에서 염색 분체의 분리가 일어난다.
[오답피하기] ㄱ. ㉠은 $G_1$기의 세포로, DNA가 복제되기 전이므로 유전자 D는 1개 있다. ㉣에 유전자 D가 1개 있으므로 ㉢에는 유전자 D가 2개 있다. 따라서 ㉠에 있는 D의 수와 ㉢에 있는 D의 수를 합한 값은 3이다.

자료 분석 노하우

**110** (가)는 감수 2분열 후기, (나)는 감수 1분열 중기이다.
ㄷ. 감수 1분열 중기에는 세포의 중앙에 2가 염색체가 배열되어 있다.
[오답피하기] ㄱ. (가) 시기에 염색 분체가 분리되며, 상동 염색체는 감수 1분열 후기에 분리된다.
ㄴ. 감수 1분열에서 염색체 수와 DNA양이 모두 반감되므로 감수 2분열 후기(가) 세포 1개의 DNA 상대량은 감수 1분열 중기(나) 세포의 $\frac{1}{2}$이다.

**111** A 시기는 $G_1$기, B 시기는 DNA 복제가 일어나는 간기의 S기와 $G_2$기, C 시기는 감수 1분열, D, E 시기는 감수 2분열이다.
ㄷ. 감수 2분열에서는 염색체 수의 변화가 없고, DNA양이 반으로 줄어든다.
[오답피하기] ㄱ. 생식 세포의 유전적 다양성이 크게 증가하는 시기는 상동 염색체가 분리되는 감수 1분열(C)이다. 감수

1분열 전기에 2가 염색체가 형성되었을 때 상동 염색체 사이에서 염색 분체의 일부가 교환되는 교차가 일어나고, 감수 1분열 중기에 상동 염색체 쌍이 무작위로 배열되었다가 분리되기 때문이다.

ㄴ. 염색 분체의 분리는 감수 2분열(D)에 일어난다.

**자료 분석 노하우**

- 간기의 S기에 DNA가 복제되어 DNA양이 2배가 된다.
- 상동 염색체가 분리되는 감수 1분열에는 DNA양과 염색체 수가 모두 반감된다.
- 염색 분체가 분리되는 감수 2분열에는 DNA양만 반감된다.

**112** ㄱ. (가)의 Ⅰ은 간기의 S기, Ⅱ는 감수 2분열이 진행되는 시기이다. (나)는 상동 염색체가 접합한 2가 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 1분열 중기이고, 상동 염색체가 쌍으로 존재하므로 핵상이 $2n$이다.

[오답피하기] ㄴ. 세포 분열 시 방추사가 나타나는 시기는 분열기의 전기이다. S기에는 DNA 복제가 일어난다.

ㄷ. (나)는 2가 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있는 시기이므로 감수 1분열 중기에 관찰된다.

**113** (가)에서는 상동 염색체가 짝을 이루어 2가 염색체를 형성한 다음 염색체가 분리되므로 (가)는 감수 1분열 과정이다. (나)에서는 염색체가 염색 분체로 분리되므로 (나)는 체세포 분열 과정이다.

ㄷ. 감수 분열 결과 염색체 수가 반으로 줄어든 생식 세포를 만들고, 체세포 분열 결과 세포의 수가 증가하므로 다세포 생물에서 (가)는 생식을, (나)는 생장을 위한 분열이다.

[오답피하기] ㄱ. 감수 1분열(가)에서는 상동 염색체가 분리되므로 염색체 수가 반으로 줄어든다.

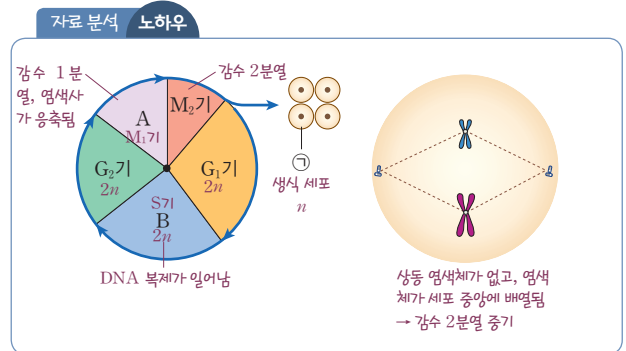
ㄴ. 체세포 분열(나)에서는 염색 분체가 분리되므로 염색체 수는 변화 없다.

**114** (가)에서 A 시기는 $M_1$기(감수 1분열), B 시기는 S기, ㉠은 생식 세포이고, (나)는 감수 2분열 중기의 세포이다.

ㄴ. A 시기는 감수 1분열이며, 감수 1분열 전기에 염색사가 응축된 염색체가 나타난다.

ㄷ. ㉠은 감수 분열 결과 생성된 생식 세포로, 염색체 수는 $n$으로 체세포의 절반이다. B 시기(S기) 세포의 염색체 수는 $2n$으로 체세포와 같다. 따라서 B 시기(S기)에 있는 세포 1개의 염색체 수는 ㉠(생식 세포)의 2배이다.

[오답피하기] ㄱ. (나)는 상동 염색체가 쌍으로 존재하지 않고 염색체가 세포 중앙에 배열되어 있으므로 감수 2분열 중기의 세포이다.

**자료 분석 노하우**

**115** (가)는 상동 염색체가 분리되었으므로 감수 분열이고, (나)는 상동 염색체가 일렬로 배열되었다가 염색 분체로 나누어졌으므로 체세포 분열이다. A는 난자, B는 정자, C는 수정란이다.

ㄱ. 난자(A)와 정자(B)는 감수 분열(가) 과정을 거쳐서 만들어지므로 염색체 수가 체세포의 절반이다.

ㄷ. 수정란(C)이 발생하여 배가 되는 과정은 체세포 분열(나)의 일종인 난할에 의한 것이다. 난할은 빠른 체세포 분열로 세포의 생장 시기가 거의 없어 난할이 거듭될수록 세포(할구)의 크기는 줄어들지만 세포 1개의 DNA양은 변화가 없다.

[오답피하기] ㄴ. 수정란(C)은 체세포 분열(나)의 일종인 난할에 의해 배가 된다. 따라서 C는 (나) 과정을 거쳐 배에 이른다.

**116** 감수 분열 결과 염색체 수가 반감되므로 딸세포의 염색체 수는 모세포의 절반이다. 체세포 분열 결과 염색체 수는 변화가 없으므로 딸세포의 염색체 구성은 모세포와 같다.

ㄱ. 모세포와 염색체 구성이 같으므로 체세포 분열 결과 만들어진 딸세포이다.

ㄴ, ㄷ. 염색체 수는 모세포의 절반이며, 상동 염색체 중 1개씩만 갖고 있으므로 감수 분열 결과 만들어진 딸세포이다.

ㄹ. 염색체 수가 모세포의 절반이 아니며 성염색체가 2개 들어 있으므로 정상적인 감수 분열 결과 만들어진 세포가 아니다.

**117** ③ **118** ③ **119** ③ **120** 해설 참조 **121** 해설 참조

**117** ㄱ, ㄷ. 수정란의 초기 분열(난할)과 성체의 체세포 분열 모두 분열 과정에서 핵상이 변하지 않으므로 ㉠과 ㉢에서 세포의 핵상은 $2n$으로 같다. ㉢과 ㉣ 사이의 시기는 $G_1$기로 세포의 생장이 일어난다.

[오답피하기] ㄴ. 수정란의 초기 분열인 난할은 일종의 체세포 분열이며, 체세포 분열에서는 2가 염색체가 형성되지 않는다. 따라서 ㉡에서는 2가 염색체가 형성되지 않는다.

**118** ㄱ. (가)는 ㉠에서 ㉡으로 될 때 염색 분체가 분리되는 감수 2

분열이다. 그러므로 ㉠의 DNA양은 ㉡의 2배이고, 염색체 수는 동일하다.

ㄴ. 핵상이 $2n$이려면 각각의 염색체가 쌍으로 존재해야 한다. 그러므로 핵상이 $2n$인 세포는 ㉢과 ㉣이고, ㉣의 DNA양은 ㉢의 2배이다.

[오답피하기] ㄷ. (가)는 염색체가 쌍으로 있지 않고 염색 분체가 분리되므로 감수 2분열, (나)는 염색체가 쌍으로 있고 염색 분체가 분리되므로 체세포 분열, (다)는 상동 염색체가 분리되므로 감수 1분열이다.

**119** ㄱ, ㄴ. (가)는 감수 2분열 중기의 세포이므로 핵상은 $n$이고, (나)는 감수 1분열 중기의 세포이므로 핵상은 $2n$이다. 따라서 (가)와 (나)의 핵상은 서로 다르며, 감수 2분열 중기 세포인 (가)보다 감수 1분열 중기 세포인 (나)가 먼저 만들어진다.

[오답피하기] ㄷ. 감수 1분열 중기 세포(나)에서 상동 염색체가 분리된 다음 감수 2분열 중기 세포(가)가 나타난다. 감수 2분열 중기 세포(가)에 유전자 a가 있는 염색체가 있으므로 감수 1분열 중기 세포(나)에는 유전자 a가 있는 염색체와 유전자 A가 있는 염색체가 짝을 이룬 2가 염색체가 있다. 따라서 (나)의 ㉠은 a이다.

**120** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**

간기에 DNA가 1회 복제된 후 감수 1분열과 감수 2분열에서 염색체 수와 DNA양이 어떻게 변하는지 알아야 한다.

**Step ❷ 관련 개념 모으기**

❶ **감수 분열이 일어날 때 DNA 복제는 언제 몇 번 일어나는가?**

→ DNA 복제는 간기의 S기에 1회 일어나며, 감수 1분열과 감수 2분열 사이에는 일어나지 않는다.

❷ **감수 1분열과 감수 2분열이 일어나면 염색체 수와 DNA양은 각각 어떻게 변하는가?**

→ 감수 1분열이 일어나면 염색체 수, DNA양이 모두 절반으로 줄어들고, 감수 2분열이 일어나면 염색체 수는 변화 없지만 DNA양은 절반으로 줄어든다.

❸ **감수 1분열과 감수 2분열이 일어나면 핵상은 어떻게 변하며, 그 이유는 무엇인가?**

→ 감수 1분열에서는 상동 염색체가 분리되므로 핵상은 $2n \rightarrow n$으로 변하고, 감수 2분열에서는 염색 분체가 분리되므로 핵상은 변화 없다($n \rightarrow n$).

모범답안 A가 B로 되는 과정(감수 1분열)에서 상동 염색체가 분리되고, B가 C로 되는 과정(감수 2분열)에서 염색 분체가 분리되기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| A가 B로, B가 C로 되는 과정에서의 염색체 행동과 연관 지어 A~C의 핵 1개당 DNA 상대량이 다른 이유를 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| A가 B로, B가 C로 되는 과정에서의 염색체 행동을 1가지만 옳게 설명한 경우 | 4점 |

**121** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**

같은 부모로부터 유전적으로 다양한 자손이 태어나는 현상을 감수 분열, 수정 과정과 연관 지어 설명할 수 있어야 한다.

**Step ❷ 관련 개념 모으기**

❶ **감수 분열에서 유전적으로 다양한 생식 세포가 형성될 수 있는 이유는?**

→ 감수 1분열 중기에 상동 염색체가 무작위로 배열되었다가 분리되므로 유전적으로 다양한 생식 세포가 만들어진다. 또, 감수 1분열 전기에 교차에 의한 유전자 교환이 일어나기 때문에 더욱 다양한 유전자 조합을 가진 생식 세포가 만들어진다.

❷ **수정 과정에서 다양한 유전자 조합을 가진 자손이 태어날 수 있는 이유는?**

→ 다양한 유전자 조합을 가진 난자와 정자가 무작위로 결합하기 때문이다.

모범답안 감수 1분열 전기에 2가 염색체에서 염색 분체의 일부가 교환되는 교차가 일어나고, 감수 1분열 중기에 상동 염색체 쌍이 무작위로 배열되었다가 분리되므로 유전적으로 다양한 생식 세포가 형성된다. 또 수정 과정에서 유전자 조합이 다양한 암수 생식 세포가 무작위로 결합하므로 자손에서 나타날 수 있는 유전자 조합이 다양해진다.

유사답안 감수 1분열 전기에 2가 염색체에서 염색 분체의 일부가 교환되는 교차가 일어나고, 감수 1분열 중기에 상동 염색체 쌍이 무작위로 배열되었다가 분리되므로 유전적으로 다양한 생식 세포가 형성된다. 또 수정 과정에서 유전자 조합이 다양한 암수 생식 세포가 무작위로 결합되어 다양한 수정란이 형성되기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 다양한 자손이 태어나는 이유를 감수 분열과 수정 과정에서 일어나는 유전자 조합과 연관 지어 3가지 모두 옳게 설명한 경우 | 10점 |
| 다양한 자손이 태어나는 이유를 감수 분열과 수정 과정에서 일어나는 유전자 조합과 연관 지어 2가지만 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 다양한 자손이 태어나는 이유를 감수 분열과 수정 과정에서 일어나는 유전자 조합과 연관 지어 1가지만 옳게 설명한 경우 | 4점 |

## 05 유전의 기본 원리(멘델 법칙)

### 핵심 문제로 개념 마무리 p.41

**1** (1) ○ (2) ○ (3) × (4) × **2** (1) 3 : 1 (2) 9 : 3 : 3 : 1 (3) 중간 유전

**1** (1) 순종의 둥근 완두(RR)와 순종의 주름진 완두(rr)를 교배시켜 얻은 자손 1대의 유전자형은 Rr이므로 표현형은 모두 둥근 완두이다.
(2) 분리의 법칙이란 대립 유전자가 생식 세포 형성 시 분리되어 각각 다른 생식 세포로 들어가 자손에서 표현형이 일정한 비율로 나타나는 것이다.
(3) 서로 다른 형질을 결정하는 유전자들이 하나의 염색체에 함께 있는 현상을 연관이라고 하며, 연관된 유전자들은 생식 세포 분열 시 함께 행동하므로 독립의 법칙을 따르지 않는다.
(4) 중간 유전을 하는 분꽃의 꽃 색깔 유전에서 분홍색 분꽃(RW)과 흰색 분꽃(WW)을 교배하면 분홍색 분꽃 : 흰색 분꽃=1 : 1의 비로 나타난다.

**2** (1) 황색 완두(Yy)를 자가 수분시켜 얻은 자손의 유전자형은 YY, Yy, Yy, yy이므로 황색 완두(YY, Yy)와 녹색 완두(yy)가 3 : 1의 비로 나타난다.
(2) 둥글고 황색인 완두(RrYy)에서 유전자 R와 Y는 다른 염색체에 있으므로 서로 영향을 받지 않고 독립적으로 분리되어 독립의 법칙에 따라 유전된다. 그러므로 자손 1대(RrYy)를 자가 수분시키면 둥글고 황색 : 둥글고 녹색 : 주름지고 황색 : 주름지고 녹색=9 : 3 : 3 : 1의 비로 나타난다.
(3) 중간 유전은 대립 유전자 사이의 우열 관계가 불완전하기 때문에 나타나는 유전 현상으로, 분꽃의 꽃 색깔 유전, 팔로미노 말의 털 색깔 유전 등이 대표적인 예이다.

### 내신분석 기출문제 pp.42~47

**122** ① **123** ②, ③, ④ **124** ③ **125** ④ **126** ⑤ **127** ⑤ **128** ⑤
**129** ④ **130** ④ **131** ⑤ **132** 500개 **133** 모두 황색 **134** ④
**135** ③ **136** ④ **137** ① **138** ③
**139** (1) 둥글고 황색, RrYy (2) 3,600개 **140** 해설 참조 **141** ④ **142** ②
**143** ⑤ **144** ② **145** ③ **146** ④ **147** ① **148** 6가지

**122** ① 멘델의 실험 이후 몇십 년이 지나서야 유전 인자가 유전자라는 개념으로 바뀌고, 유전자가 염색체에 존재한다는 사실이 밝혀졌다.
[오답피하기] 멘델은 완두 교배 실험 결과를 설명하기 위해 다음과 같은 가설을 세웠다.
한 개체에는 하나의 형질에 대한 유전 인자가 쌍으로 존재하며, 개체가 가진 1쌍의 유전 인자는 서로 분리되어 각각의 생식 세포로 나뉘어 들어간다. 생식 세포에 존재하는 유전 인자는 수정에 의하여 다시 쌍을 이루고, 쌍을 이룬 유전 인자가 다를 경우에는 그중 한 유전 인자만 표현된다.

**123** 완두는 대립 형질이 뚜렷하며, 한 세대가 짧고, 자손의 수가 많다. 또한, 자유로운 교배가 가능하며, 재배하기 쉽다.

**124** ㄱ. 순종의 대립 형질끼리 교배했을 때 자손 1대($F_1$)에 나타난 형질이 우성, 나타나지 않은 형질이 열성이다. 따라서 큰 키는 작은 키에 대해 우성 형질이다.
ㄷ. 큰 키 대립 유전자를 T, 작은 키 대립 유전자를 t라고 할 때 자손 1대($F_1$)의 키 유전자형은 Tt이며, Tt에서 생식 세포가 형성될 때 대립 유전자 T와 t가 분리되어 각각 서로 다른 생식 세포로 들어가므로 T를 가진 생식 세포와 t를 가진 생식 세포가 1 : 1의 비율로 만들어진다. 따라서 Tt를 자가 수분시켜 얻은 자손 2대($F_2$)의 유전자형은 TT, Tt, Tt, tt이며, TT와 Tt는 모두 큰 키를 나타내므로 표현형의 비는 큰 키 완두 : 작은 키 완두=3 : 1이 된다. 이와 같이 완두의 키 유전에서는 생식 세포가 만들어질 때 쌍으로 존재하던 대립 유전자가 분리되어 서로 다른 생식 세포로 하나씩 나뉘어 들어가는 분리의 법칙이 성립된다.
[오답피하기] ㄴ. 자손 2대는 TT : Tt : tt=1 : 2 : 1의 비로 나타나므로 잡종과 순종의 비는 1 : 1이다.

**125** ㄱ. 과정 (가)에서 주름진 완두 꽃에서 수술을 제거하지 않으면 수술의 꽃가루가 같은 개체의 꽃에 있는 암술에 수분되는 자가 수분이 일어나기 때문에 교배 실험 결과 얻은 자손이 주름진 완두 꽃과 둥근 완두 꽃의 수분에 의한 것인지 자가 수분에 의한 것인지 알 수 없다. 따라서 과정 (가)에서와 같이 수술을 제거하여 자가 수분을 방지한다.
ㄷ. (나)에서 얻은 둥근 완두는 둥근 모양 유전자와 주름진 모양 유전자를 모두 갖고 있는 이형 접합인데 표현형이 둥근 완두이다. 우성이란 서로 다른 대립 형질을 가진 순종끼리 교배시켰을 때 자손 1대에서 나타나는 형질이고, 열성이란 자손 1대에서 나타나지 않는 형질이다. 따라서 둥근 모양 형질이 우성이고, 주름진 모양 형질이 열성이다.
[오답피하기] ㄴ. 둥근 모양 유전자를 R, 주름진 모양 유전자를 r라고 하면 (나)에서 얻은 둥근 완두의 유전자형은 Rr이다. 이 둥근 완두(Rr)끼리 교배하여 얻은 자손의 유전자형은 RR, Rr, Rr, rr이므로 자손의 유전자형은 동형 접합(RR, rr)과 이형 접합(Rr)이 모두 있다.

**126** ㄱ. (가)에서 주름진 완두끼리 교배하여 얻은 자손이 모두 주름진 완두인 것을 통해 순종의 주름진 완두끼리 교배하였음을 알 수 있다. 따라서 순종인 ㉠의 유전자형은 동형 접합이다.
ㄴ, ㄷ. (나)에서 둥근 완두끼리 교배하여 얻은 자손에서 부모에 없던 형질인 주름진 완두가 나타났고, (다)에서 둥근 완두와 주름진 완두의 교배 결과 둥근 완두만 나타났다. 이를 통해 둥근 완두는 우성, 주름진 완두는 열성임을 알 수 있다.

(다)에서 ㉡(둥근 완두)과 주름진 완두를 교배했을 때 둥근 완두인 자손만 나온 것은 ㉡이 순종이기 때문이며, (라)에서 ㉢(둥근 완두)과 주름진 완두를 교배했을 때 자손에서 주름진 완두가 나타난 것은 ㉢이 잡종이기 때문이다. 즉, 둥근 모양 유전자를 R, 주름진 모양 유전자를 r라고 할 때 (다)에서 ㉡(둥근 완두)의 유전자형은 RR이므로 ㉡이 만든 꽃가루의 유전자형 종류는 1가지(R)이고, (라)에서 ㉢(둥근 완두)의 유전자형은 Rr이므로 ㉢이 만든 꽃가루의 유전자형 종류는 2가지(R, r)이다. 따라서 꽃가루의 유전자형 종류는 ㉢이 ㉡의 2배이다.

**127** ㄱ. 어버이 (가)는 R를 가진 생식 세포를 만들고, (나)는 R 또는 r를 가진 생식 세포를 만든다. 이를 통해 (가)의 유전자형은 RR, 표현형은 둥근 종자이고, (나)의 유전자형은 Rr, 표현형은 둥근 종자이다. 따라서 (가)와 (나)의 표현형은 같다.
ㄴ. (나)에서 생식 세포를 형성할 때 R와 r는 서로 분리되어 각각 다른 생식 세포로 들어갔다. 그러므로 생식 세포의 유전자형 종류는 2가지(R, r)이다.
ㄷ. (다)는 (가)의 생식 세포(R)와 (나)의 생식 세포(r)의 수정으로 생긴 것이므로 Rr이다.

**128** ㄱ. 표현형이 서로 다른 순종끼리 교배시켜 얻은 자손 1대($F_1$)에서 겉으로 표현되는 형질이 우성이다. 순종의 황색 완두(㉠)와 녹색 완두를 교배하여 자손 1대($F_1$)에서 황색 완두(㉡)를 얻었으므로 ㉡(황색 완두)이 우성 표현형이며, 녹색 완두는 열성 표현형이다.
ㄴ. 황색 대립 유전자는 Y, 녹색 대립 유전자는 y이므로 순종의 황색 완두의 유전자형은 YY, 녹색 완두의 유전자형은 yy이며, 자손 1대($F_1$)의 황색 완두의 유전자형은 Yy이다. Yy를 자가 교배하여 얻은 자손 2대($F_2$)의 유전자형은 YY, Yy, Yy, yy이며, 이 중 황색 완두는 YY, Yy, Yy이다. 따라서 황색 완두 중 ㉠(YY)과 유전자형이 같은 개체의 비율은 $\frac{1}{3}$이다.
ㄷ. ㉣의 유전자형은 yy이며, ㉣의 개체끼리 교배하여 얻은 자손의 유전자형은 모두 yy이므로 표현형은 녹색 완두이다.

**129** ㄴ. (가)는 유전자 A를 가진 생식 세포와 유전자 a를 가진 생식 세포를 2개의 통에 넣어둔 것이고, (나)는 생식 세포끼리의 결합, 즉 수정을 하여 하나의 개체가 가진 유전자 조합을 만드는 것이다.
ㄷ. 실험 결과에서 꺼낸 바둑알의 조합 ●●은 유전자형이 AA인 개체를, ●○은 유전자형이 Aa인 개체를, ○○은 유전자형이 aa인 개체를 의미한다. 따라서 실험 결과 유전자형의 비는 AA : Aa : aa=1 : 2 : 1이다.
[오답피하기] ㄱ. 이 실험은 1쌍의 대립 형질에 관한 유전으로 분리의 법칙을 알아보기 위한 것이며, 독립의 법칙은 2쌍 이상의 대립 형질에 관한 유전에서 적용된다.

**130** ㄱ. $F_1$에서 R와 r는 대립 유전자이며, 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다.
ㄷ. 자손 1대($F_1$)의 둥근 완두(Rr)가 생식 세포를 만들 때 유전자 R와 r가 분리되어 각각 서로 다른 생식 세포로 들어가므로 R를 가진 생식 세포와 r를 가진 생식 세포가 1 : 1의 비로 생성되고, 자손 1대($F_1$)의 둥근 완두(Rr)를 자가 수분시켜 얻은 자손 2대($F_2$)에서는 둥근 완두(RR, Rr, Rr)와 주름진 완두(rr)가 3 : 1의 비로 나타난다. 따라서 $F_2$에서 표현형의 분리비가 3 : 1인 것은 생식 세포가 만들어질 때 유전자 R와 r가 각각 서로 다른 생식 세포로 들어갔기 때문이다.
[오답피하기] ㄴ. 자손 1대($F_1$)의 둥근 완두(Rr)를 주름진 완두(rr)와 교배하여 얻은 자손의 유전자형은 Rr, rr이므로, 자손의 표현형은 둥근 완두와 주름진 완두가 1 : 1의 비로 나타난다.

**131** ㄱ. 순종의 보라색 꽃 완두와 흰색 꽃 완두를 교배하여 얻은 자손 1대($F_1$)가 모두 보라색 꽃 완두이므로 보라색 꽃은 흰색 꽃에 대해 우성이다.
ㄴ. 보라색 대립 유전자를 A, 흰색 대립 유전자를 a라고 하면 자손 1대($F_1$)의 보라색 꽃 완두의 유전자형은 Aa이다. Aa를 열성 개체(aa)와 검정 교배하면 보라색(Aa)과 흰색(aa) 꽃의 완두를 1 : 1의 비로 얻을 수 있다.
ㄷ. 자손 1대($F_1$)를 자가 수분시키면 자손 2대($F_2$)에서는 유전자형이 AA, Aa, aa인 개체가 1 : 2 : 1의 비로 나타난다. 따라서 자손 2대($F_2$)에서 꽃 색깔 유전자형의 종류는 3가지이다.

**132** 둥근 모양 유전자를 R, 주름진 모양 유전자를 r라고 하면 자손 1대에서 얻은 둥근 완두의 유전자형은 Rr이다. 유전자형이 Rr인 둥근 완두에서 유전자형이 R 또는 r인 생식 세포를 얻으며, Rr의 자가 수분 결과 나온 자손 2대에서는 RR : Rr : rr=1 : 2 : 1의 비로 나타난다. 따라서 자손 1대(Rr)와 유전자형이 다른 둥근 완두(RR)가 나올 확률은 $\frac{1}{4}$이고, 이론상 500개가 나온다.

**133** (가)와 (나)는 모두 검정 교배를 나타낸 것이며, 검정 교배에 의해 황색 완두가 순종인지 잡종인지 알 수 있다. 황색 유전자를 Y, 녹색 유전자를 y라고 한다면 녹색 완두의 유전자형은 yy이므로 y인 생식 세포만 만든다.
(가)에서 ㉠의 검정 교배 결과 황색 완두만 나타나므로 ㉠은 유전자형이 YY인 순종이다.
(나)에서 ㉡의 검정 교배 결과 황색 완두(Yy)와 녹색 완두(yy)가 1 : 1의 비로 나타나므로 ㉡은 유전자형이 Yy인 잡종이다.
따라서 ㉠은 순종(YY), ㉡은 잡종(Yy)이므로 ㉠(YY)과 ㉡(Yy)을 교배하여 얻은 자손의 표현형은 모두 황색(YY, Yy)이다.

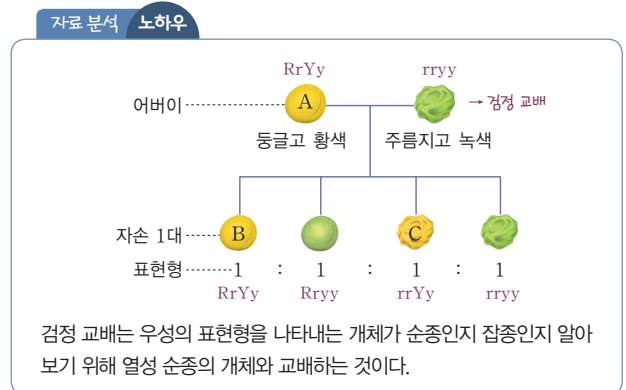
**134** ㄱ. 순종의 매끈하고 녹색인 콩깍지를 갖는 완두와 순종의 잘록하고 황색인 콩깍지를 갖는 완두를 교배하여 얻은 자손 1대에서 매끈하고 녹색인 콩깍지를 갖는 완두만 나타났으므로 자손 1대에 나타나는 녹색 형질이 우성, 나타나지 않는 황색 형질이 열성이고, 매끈한 형질이 우성, 잘록한 형질이 열성이다.
ㄷ. 자손 1대에서 생식 세포 형성 시 서로 다른 유전 형질을 결정하는 유전자는 서로 영향을 받지 않고 분리의 법칙에 따라 독립적으로 유전된다. 따라서 유전자 구성이 AB, Ab, aB, ab인 생식 세포가 1 : 1 : 1 : 1의 비로 만들어진다.
[오답피하기] ㄴ. 자손 2대($F_2$)의 표현형 분리비가 약 9 : 3 : 3 : 1로 나온 것을 통해 콩깍지 모양과 색깔을 나타내는 유전자는 서로 다른 염색체에 존재하여 독립의 법칙에 따라 유전된다는 것을 알 수 있다.

**135** ㄱ. 씨의 모양과 씨의 색깔을 결정하는 유전자는 서로 다른 염색체 상에 존재하므로 생식 세포 형성 시 서로 영향을 받지 않고 독립적으로 유전된다.
ㄴ. 감수 1분열 시 상동 염색체는 분리되므로 대립 유전자 B와 b는 분리되어 서로 다른 생식 세포로 들어간다.
[오답피하기] ㄷ. 이 완두(AaBb)를 자가 수분시켰을 때 자손은 둥글고 황색(A_B_) : 둥글고 녹색(A_bb) : 주름지고 황색(aaB_) : 주름지고 녹색(aabb)=9 : 3 : 3 : 1의 비로 나타난다. 따라서 유전자형이 aabb인 개체가 나올 확률은 $\frac{1}{16}$이다.

**136** ㄱ. $F_2$에서 황색 완두와 녹색 완두가 12 : 4의 비로 나타나므로, 황색 완두와 녹색 완두의 비는 3 : 1이다.
ㄷ. $F_1$을 검정 교배했을 때 얻어지는 자손의 표현형 비는 $F_1$의 생식 세포 비와 일치한다.
둥근 모양 유전자를 R, 주름진 모양 유전자를 r, 황색 유전자를 Y, 녹색 유전자를 y라고 할 때, $F_1$의 유전자형은 RrYy이며, $F_1$에서 생식 세포가 만들어질 때 R와 r, Y와 y의 분리는 독립적으로 일어나므로 RY, Ry, rY, ry를 가진 생식 세포가 1 : 1 : 1 : 1의 비로 만들어진다.
따라서 $F_1$을 열성인 주름지고 녹색인 완두(rryy)와 검정 교배하여 얻은 자손의 표현형 비는 둥글고 황색(RrYy) : 둥글고 녹색(Rryy) : 주름지고 황색(rrYy) : 주름지고 녹색(rryy)=1 : 1 : 1 : 1이다.
[오답피하기] ㄴ. $F_2$의 둥글고 황색인 완두 중 $F_1$(RrYy)과 유전자형이 같은 완두의 비율은 $\frac{4}{9}$이다.

**137** ㄱ. 완두 (가)를 검정 교배하여 얻은 자손에서 표현형이 둥글고 녹색(Rryy)인 완두만 나왔으므로 완두 (가)의 생식 세포 유전자형은 Ry뿐이다. 따라서 완두 (가)의 유전자형은 RRyy이다.
[오답피하기] ㄴ. 완두 (나)를 검정 교배하여 얻은 자손에서 둥글고 황색(RrYy) : 둥글고 녹색(Rryy) : 주름지고 황색(rrYy) : 주름지고 녹색(rryy)인 완두가 1 : 1 : 1 : 1의 비율로 나왔으므로 완두 (나)의 생식 세포 유전자형은 RY, Ry, rY, ry이다. 따라서 완두 (나)의 유전자형은 RrYy이다.
ㄷ. 완두 (다)를 검정 교배하여 얻은 자손에서 표현형이 주름지고 황색(rrYy)인 완두와 주름지고 녹색(rryy)인 완두만 나왔으므로 완두 (다)의 생식 세포 유전자형은 rY, ry이다. 따라서 완두 (다)의 생식 세포 중 유전자형이 ry인 것의 비율은 50 %이다.

**138** ㄱ. 둥글고 황색인 완두 A를 주름지고 녹색인 완두와 교배하였을 때 자손의 표현형이 둥글고 황색 : 둥글고 녹색 : 주름지고 황색 : 주름지고 녹색=1 : 1 : 1 : 1의 비로 나온 것을 통해 완두 A는 잡종임을 알 수 있다.
ㄴ. 둥근 모양 유전자를 R, 주름진 모양 유전자를 r, 황색 유전자를 Y, 녹색 유전자를 y라고 한다면, A와 B의 유전자형은 모두 RrYy이다. 따라서 완두 B의 유전자형은 이형 접합(잡종)이다.
[오답피하기] ㄷ. 완두 C의 유전자형은 rrYy이므로 생식 세포의 유전자형 종류는 2가지(rY, ry)이다.

검정 교배는 우성의 표현형을 나타내는 개체가 순종인지 잡종인지 알아 보기 위해 열성 순종의 개체와 교배하는 것이다.

**139** (1) RRyy의 생식 세포는 Ry, rrYY의 생식 세포는 rY이므로 자손 1대의 유전자형은 RrYy이고, 표현형은 둥글고 황색이다.
(2) 자손 2대에서 둥글고 황색 : 둥글고 녹색 : 주름지고 황색 : 주름지고 녹색=9 : 3 : 3 : 1의 비로 나타난다. 따라서 자손 1대와 같은 표현형인 둥글고 황색인 완두는
$\frac{9}{16}\times 6,400=3,600$개가 나온다.

**140** 자손의 대립 유전자 쌍 중 하나는 부계, 다른 하나는 모계로부터 각각 하나씩 물려받으며, AaBbCCdd인 식물은 유전자 d를, AABbCcDd인 식물은 유전자 D 또는 d를 자손에게 물려준다.
모범답안 AabbCCDD인 유전자형을 가진 자손이 나올 확률은 0 %이다. AaBbCCdd인 식물에는 유전자 D가 없기 때문에 유전자형이 DD인 자손은 태어날 수 없다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| AabbCCDD인 유전자형을 가진 자손이 나올 확률은 0 %이라고 하였으며, 그 이유를 AaBbCCdd인 식물에는 유전자 D가 없기 때문이라고 옳게 설명한 경우 | 6점 |
| AabbCCDD인 유전자형을 가진 자손이 나올 확률은 0 %라고 하였으나, 그 이유를 AaBbCCdd인 식물과 연관 지어 옳게 설명하지 않은 경우 | 3점 |

오개념 피하는 노하우

■ **생식 세포 형성과 대립 유전자**

한 개체는 하나의 형질을 결정하는 대립 유전자를 쌍으로 가지고 있으며, 생식 세포 형성 시 대립 유전자는 나뉘어 각기 다른 생식 세포로 들어간다. 생식 세포의 결합으로 대립 유전자는 다시 쌍을 이루게 되므로 자손의 대립 유전자 쌍 중 하나는 어머니, 다른 하나는 아버지로부터 물려받는다. 유전자형이 DD인 개체는 양쪽 부모에게서 D를 하나씩 물려받은 것이므로 부모의 유전자형이 dd가 될 수는 없다.

**141** ㄴ. 유전자형이 AaBbDd인 식물 X를 자가 수분시켜 얻은 자손($F_1$)에서 A_B_ : aaB_ : A_bb : aabb=9 : 3 : 3 : 1이므로 A와 B(a와 b)는 서로 다른 염색체에 있으며, A_D_ : A_dd : aaD_ : aadd=2 : 1 : 1 : 0이므로 A는 d와, a는 D와 각각 같은 염색체에 있다. 따라서 X에서 형성한 꽃가루의 유전자형은 ABd, Abd, aBD, abD의 4가지이다.

ㄷ. 식물 X에서 A와 d, a와 D가 각각 연관되어 있으므로, $F_1$에서 표현형 aaD_의 유전자형은 aaDD만 가능하고, 표현형 B_의 유전자형은 BB, Bb가 가능하다. 따라서 표현형 aaB_D_의 유전자형은 aaBBDD와 aaBbDD로 2가지이다.

[오답피하기] ㄱ. 식물 X에서 A와 d, a와 D가 각각 연관되어 있다.

**142** ㄷ. $F_1$의 유전자형 비에서 HhQq : Hhqq : hhQq : hhqq=0 : 1 : 1 : 0인 것은 H와 q, h와 Q가 각각 연관되어 있어 하나의 염색체에 함께 존재하기 때문이고, HhRr : Hhrr : hhRr : hhrr=1 : 1 : 1 : 1인 것은 h와 r가 서로 다른 염색체에 존재하기 때문이다. 따라서 Q와 r도 서로 다른 염색체에 존재하므로 $F_1$에서 QqRr : Qqrr : qqRr : qqrr=1 : 1 : 1 : 1이다.

[오답피하기] ㄱ. Q와 r는 연관되어 있지 않기 때문에 서로 다른 염색체에 존재한다.

ㄴ. 개체 (가)는 H와 q, h와 Q가 연관되어 있으므로 생식 세포 형성 시 H와 Q는 서로 다른 생식 세포로 분리되어 들어간다. 따라서 유전자형이 HQr인 생식 세포는 만들어지지 않는다. 개체 (가)에서 만들어지는 생식 세포의 유전자형은 HqR, Hqr, hQR, hQr이다.

오개념 피하는 노하우

우성의 표현형을 가진 개체(HhQqRr)를 열성의 표현형을 가진 개체(hhqqrr)와 교배시켜 얻은 자손의 표현형 비는 HhQqRr의 생식 세포 형성비와 같다.

**143** 자손의 표현형 중에서 검은색 몸 · 흔적 날개가 없는 것을 통해 회색 몸 유전자(G)와 흔적 날개 유전자(l)가 하나의 염색체에 함께 존재한다는 것을 알 수 있다. 몸 색깔 유전자 G는 g, 날개 모양 유전자 L은 l의 대립 유전자이므로 상동 염색체에서 G와 g , L과 l은 각각 같은 위치에 존재한다.

**144** ㄴ. 유전자가 적힌 카드는 염색체로, 하나의 상자 안에 들어 있는 2개의 카드는 상동 염색체를 의미한다. 과정 (다)에서 각각의 상자에 들어 있는 카드를 무작위로 1장씩 꺼내는 것은 감수 분열 시 상동 염색체가 분리되는 것을 의미한다.

[오답피하기] ㄱ. 씨 색깔과 모양 유전자는 하나의 염색체에 함께 존재한다.

ㄷ. 유전자 A와 B가 하나의 카드에 함께 적혀 있으므로 연관되어 있음을 알 수 있다. 따라서 영수가 만들 수 있는 생식 세포의 유전자형은 ABD, abD이고, 순희가 만들 수 있는 생식 세포의 유전자형은 ABD, ABd, abD, abd이다. 이들 생식 세포의 결합으로 만들어지는 자손의 유전자형은 AABBDD, AABBDd, AaBbDD, AaBbDD, AaBbDd, AaBbDd, aabbDD, aabbDd이다. 이 중 씨 색깔이 녹색이고 꽃 색깔이 자주색인 개체의 유전자형은 aaDD, aaDd이므로, 녹색 씨 · 자주색 꽃인 개체가 나올 확률은 $\frac{1}{4}$이다.

**145** ㄷ. 감수 분열이 일어날 때 상동 염색체는 분리되어 서로 다른 생식 세포로 들어간다. 따라서 이 동물이 만드는 생식 세포의 유전자형은 AbpQR, AbPqR, abpQR, abPqR이다. 따라서 유전자 a, b와 P, q, R가 같은 생식 세포에 들어갈 확률은 25 %이다.

[오답피하기] ㄱ. 유전자 Q와 q는 상동 염색체의 같은 위치에 있는 대립 유전자이며, 하나는 모계, 다른 하나는 부계로부터 물려받은 것이다.

ㄴ. 이 동물이 만든 생식 세포가 유전자 b와 P를 가질 확률은 50 %이므로, 모든 생식 세포가 유전자 b와 P를 갖는 것은 아니다.

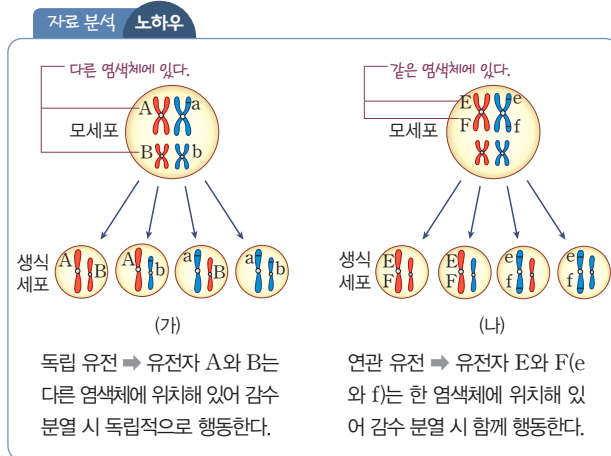
**146** ④ (가)는 유전자 A와 B가 서로 다른 염색체에 존재하므로 4종류의 생식 세포(AB, Ab, aB, ab)를 만들고, (나)는 유전자 E와 F가 하나의 염색체에 존재하므로 2종류의 생식 세포(EF, ef)를 만든다. (나)의 모세포를 eeff인 개체와 검정 교배시키면 유전자형이 EeFf, eeff인 개체가 나온다.

[오답피하기] ① (가)의 모세포에서 만들어지는 생식 세포는 AB, Ab, aB, ab이다.

② (가)에서 유전자 A와 a는 대립 유전자이므로 감수 분열 시 A와 a는 서로 다른 생식 세포로 나뉘어 들어간다.

③ (나)에서 유전자 E와 F는 하나의 염색체에 같이 존재하므로 연관되어 있다.

⑤ 교차란 유전자의 일부가 교환되는 것으로, (나)에서 유전자 F와 f 사이에 교차가 일어나면 유전자형이 Ef나 eF와 같

은 생식 세포가 만들어질 수 있다.

**147** ㄱ. 붉은색 꽃인 개체와 흰색 꽃인 개체를 교배하여 얻은 자손의 표현형이 어버이의 중간 형질인 분홍색인 것을 통해 이 식물의 꽃 색깔은 중간 유전을 한다는 것을 알 수 있다. 중간 유전은 대립 유전자 사이의 우열 관계가 불분명할 때 나타나는 유전 현상이다.

[오답피하기] ㄴ. 붉은색 유전자를 R, 흰색 유전자를 W라고 할 때, ㉠(분홍색 꽃인 개체)의 유전자형은 RW이고, 흰색 꽃인 개체의 유전자형은 WW이다. 이들의 교배로 얻은 자손의 꽃 색깔 유전자형은 RW, WW이므로 표현형은 분홍색, 흰색이다. 따라서 ㉠을 흰색 꽃인 개체와 교배하면 붉은색 꽃인 자손은 얻을 수 없다.

ㄷ. 분홍색 꽃인 개체를 자가 수분시켜 얻은 자손의 표현형비는 붉은색 : 분홍색 : 흰색 = 1 : 2 : 1인 것을 통해 분홍색 꽃인 개체가 생식 세포를 만들 때 쌍으로 존재하던 대립 유전자가 분리되어 서로 다른 생식 세포로 하나씩 나뉘어 들어갔음을 알 수 있다. 따라서 이 식물의 꽃 색깔 유전은 멘델 법칙 중 분리의 법칙을 따른다.

**148** P1에서 대립 유전자 A는 B와 연관되어 있고, P1을 자가 수분시켜 얻은 자손의 표현형은 4가지(A_B_D_, A_B_dd, aabbD_, aabbdd)이다. 이를 통해 유전자 A(또는 B)와 D가 서로 다른 염색체에 있다는 것을 알 수 있다. P2에서 유전자 a와 B는 연관되어 있고, P2를 자가 수분시켜 얻은 자손의 표현형은 6가지(A_B_D_, A_B_dd, A_bbD_, A_bbdd, aaB_D_, aaB_dd)이다. 이를 통해 유전자 a(또는 B)와 D가 서로 다른 염색체에 있다는 것을 알 수 있다.

P1에서 생성될 수 있는 생식 세포의 유전자형은 ABD, ABd, abD, abd이고, P2에서 생성될 수 있는 생식 세포의 유전자형은 AbD, Abd, aBD, aBd이다. P1과 P2를 교배시키면 표현형이 A_B_D_, A_B_dd, A_bbD_, A_bbdd, aaB_D_, aaB_dd인 자손이 태어난다. 따라서 P1과 P2를 교배시켜 얻은 자손의 표현형의 종류는 6가지이다.

149 ③ 150 ④ 151 ③ 152 ② 153 ④ 154 ④ 155 ①
156 해설 참조 157 해설 참조

**149** ㄱ. 실험 Ⅰ의 자손($F_1$)에서 부모에 없는 표현형인 붉은색 눈이 나타났으므로 붉은색 눈은 선홍색 눈에 대해 열성임을 알 수 있다. 실험 Ⅱ의 자손($F_1$)에서 부모에 없는 표현형인 흰색 눈이 나타났으므로 흰색 눈은 선홍색과 붉은색에 대해 열성임을 알 수 있다. 따라서 각 표현형의 우열 관계는 선홍색 > 붉은색 > 흰색이다.

ㄴ. 선홍색 유전자를 B, 붉은색 유전자를 G, 흰색 유전자를 W라고 한다면, Ⅰ에서 부모의 눈 색깔 유전자형은 모두 BG이고, 자손($F_1$)의 유전자형은 BB, BG, BG, GG이다. BB, BG의 표현형은 모두 선홍색이므로 선홍색 눈을 가진 자손($F_1$)이 가질 수 있는 눈 색깔 유전자형의 종류는 2가지이다.

[오답피하기] ㄷ. 실험 Ⅱ에서 ㉠의 눈 색깔 유전자형은 GW이며, GW를 자가 교배하여 얻은 자손이 가질 수 있는 눈 색깔 유전자형은 GG, GW, GW, WW이다. 이 중 WW의 표현형이 흰색 눈이므로 흰색 눈을 가진 자손이 나타날 확률은 $\frac{1}{4}$이다.

**150** 자손($F_1$)에서 R_T_ : rrT_ : R_tt = 400 : 200 : 200 = 2 : 1 : 1이므로 R와 t(r와 T)는 연관되어 있음을 알 수 있고, R_Y_ : R_yy : rrY_ : rryy = 450 : 150 : 150 : 50 = 9 : 3 : 3 : 1이므로 R와 Y 또는 r와 y는 독립되어 있음을 알 수 있다.

ㄴ. P에서 형성되는 꽃가루의 유전자형은 RtY, Rty, rTY, rTy로 4종류이다.

ㄷ. 식물 P에서 R와 t(r와 T)는 연관되어 있으므로 $F_1$에서 표현형이 R_T_인 개체들의 유전자형은 RrTt이고, Y와 y는 생식 세포 형성 시 각각의 생식 세포로 나누어 들어가므로 $F_1$에서 표현형이 Y_인 개체들의 유전자형은 YY, Yy로 2가지이다. 따라서 $F_1$에서 표현형이 R_T_Y_인 개체들의 유전자형은 RrTtYY, RrTtYy로 2가지이다.

[오답피하기] ㄱ. R와 y는 서로 다른 염색체에 존재한다.

**151** ㄱ. 완두 (가)의 자가 수분에서 둥근 완두 : 주름진 완두 = 3 : 1의 비로 나타나는 것과 모두 녹색인 완두만 나타나는 것을 통해 완두 (가)의 유전자형은 Rryy이고, 표현형은 둥글고 녹색이라는 것을 알 수 있다.

ㄴ. 완두 (나)를 자가 수분하여 얻은 자손에서 둥글고 황색 : 둥글고 녹색 : 주름지고 황색 : 주름지고 녹색 = 9 : 3 : 3 : 1의 비로 나타나는 것을 통해 완두 씨의 모양과 색깔 유전자가 서로 다른 염색체에 있어 독립적으로 유전된다는 것을 알 수 있다. 따라서 완두 (나)의 유전자형은 RrYy이며, 표현형은

둥글고 황색이다.

[오답피하기] ㄷ. 완두 (나)에서 유전자 R와 Y는 서로 다른 염색체에 존재하고 있으므로 감수 분열 시 독립적으로 행동한다.

**152** ㄴ. 뿔이 없는 수컷($H^+H^+$)과 뿔이 있는 암컷(HH)을 교배하였을 때 태어난 자손의 유전자형은 모두 $HH^+$이다.

[오답피하기] ㄱ. 뿔이 있는 암컷(HH)은 자손에게 대립 유전자 H를 물려주므로 태어나는 수컷은 대립 유전자 H를 갖기 때문에 모두 뿔이 있다.

ㄷ. 잡종의 뿔이 있는 수컷($HH^+$)과 잡종의 뿔이 없는 암컷($HH^+$)을 교배하여 얻은 자손의 유전자형은 HH, $HH^+$, $HH^+$, $H^+H^+$인데 뿔이 없는 수컷의 유전자형은 $H^+H^+$이다. 따라서 수컷이 태어날 확률은 $\frac{1}{2}$이고, 유전자형이 $H^+H^+$일 확률은 $\frac{1}{4}$이므로 뿔이 없는 수컷이 태어날 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{4}=\frac{1}{8}$이다.

**153** ㄱ. $F_1$에서 R_T_ : R_tt : rrT_ : rrtt=9 : 3 : 3 : 1이고, R_Y_ : rryy=3 : 1이므로 식물 P에서 R와 T는 서로 다른 염색체에 있고, R와 Y(r와 y)는 연관되어 있다. 따라서 R와 Y는 같은 염색체에 있다.

ㄴ. ㉠이 가질 수 있는 유전자형은 rrTTyy, rrTtyy이다. 유전자형이 Tt인 개체끼리 교배하여 얻은 자손의 유전자형은 TT, Tt, Tt, tt이며 자손의 표현형이 T_인 개체들 중 유전자형이 TT인 개체의 비율은 $\frac{1}{3}$이다. 따라서 ㉠에서 유전자형이 rrTTyy인 개체의 수는 $150\times\frac{1}{3}=50$이다.

[오답피하기] ㄷ. $F_1$에서 표현형이 R_T_YY인 개체들의 유전자형은 RRTTYY, RRTtYY로 2가지이다.

**154** (가)의 자가 교배 결과 표현형이 G_Y_와 ggyy인 자손($F_1$)이 3 : 1의 비율로 나타나므로 (가)에서는 G와 Y(g와 y)가 연관되어 있다. (나)의 검정 교배 결과 표현형이 G_yy와 ggY_인 자손($F_1$)이 1 : 1의 비율로 나타나므로 G와 y(g와 Y)가 연관되어 있다.

ㄴ. (가)와 (나)를 교배하면 표와 같은 자손을 얻을 수 있다.

| (가)의 생식 세포 / (나)의 생식 세포 | GY | gy |
|---|---|---|
| Gy | GGYy | Ggyy |
| gY | GgYY | ggYy |

따라서 (가)와 (나)를 교배하여 자손을 얻을 때, 이 자손의 표현형이 G_yy일 확률은 $\frac{1}{4}$이다.

ㄷ. (나)는 유전자형이 Gy, gY인 꽃가루를 만들므로 유전자형이 Gy인 꽃가루의 비율은 50 %이다.

[오답피하기] ㄱ. (가)를 자가 교배한 결과는 표와 같다.

| 생식 세포 / 생식 세포 | GY | gy |
|---|---|---|
| GY | GGYY | GgYy |
| gy | GgYy | ggyy |

자손($F_1$)에서 표현형이 G_Y_인 개체들의 유전자형 분리비는 GGYY : GgYy=1 : 2이므로 유전자형이 GgYy인 개체의 수는 $75\times\frac{2}{3}=50$이다.

**155** ㄱ. 멘델 법칙 중 분리의 법칙이란 쌍을 이루고 있는 대립 유전자 A와 a가 생식 세포 형성 시 분리된다는 것으로, 키 형질의 유전은 멘델의 분리의 법칙을 따른다.

[오답피하기] ㄴ. 암컷에서는 유전자 A와 b(a와 B)가 연관되어 있으므로 유전자형이 Ab, aB인 생식 세포가 생성된다.

ㄷ. 암컷에서 만들어지는 생식 세포는 Ab, aB이고, 수컷에서 만들어지는 생식 세포는 AB, ab이다. 그러므로 암컷과 수컷의 교배에 의해 태어난 자손의 유전자형은 AABb, Aabb, AaBB, aaBb이다.

**156** 서술형 해결전략

**Step 1 문제 포인트 파악**

독립 유전과 연관 유전의 차이점에 대해 알아야 한다.

**Step 2 관련 개념 모으기**

**❶ 붉은색 눈 유전자와 정상 날개 유전자가 서로 다른 염색체에 있다면 생식 세포 형성 시 두 유전자는 어떻게 행동하는가?**

➞ 생식 세포 형성 시 독립적으로 행동하여 하나의 생식 세포에 같이 들어갈 수도 있고 각각 다른 생식 세포로 들어갈 수도 있다.

**❷ 붉은색 눈 유전자와 정상 날개 유전자가 연관되어 있어 하나의 염색체에 존재한다면 생식 세포 형성 시 두 유전자는 어떻게 행동하는가?**

➞ 생식 세포 형성 시 함께 행동하므로 항상 하나의 생식 세포에 같이 들어간다.

모범답안 눈 색깔과 날개 모양을 결정하는 유전자가 서로 다른 염색체 상에 있으면 예상 분리비와 같이 표현형이 나타나지만, 눈 색깔과 날개 모양을 결정하는 유전자가 연관되어 있기 때문에 실험 결과와 같은 표현형이 나타난 것이다.

유사답안 눈 색깔과 날개 모양을 결정하는 유전자가 독립적으로 유전되면 예상 분리비와 같이 나타나지만, 눈 색깔과 날개 모양을 결정하는 유전자가 하나의 염색체에 있기 때문에 실험 결과와 같이 나타난다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 눈 색깔과 날개 모양을 결정하는 유전자가 독립적으로 유전될 때와 연관되어 유전될 때를 비교하여 옳게 설명한 경우 | 8점 |
| '연관 때문이다'라고만 설명한 경우 | 4점 |

**157** 서술형 해결전략

**Step 1 문제 포인트 파악**

말의 갈기색 형질 중 중간 형질인 황금색이 있는 것을 통해 중간 유전의 원리를 묻는 문제임을 알 수 있어야 한다.

**Step 2 관련 개념 모으기**

① 중간 유전에서 자손 1대를 자가 교배하여 얻은 자손 2대의 표현형과 유전자형의 분리비는 어떠한가?

→ 하나의 형질을 결정하는 두 유전자의 우열 관계가 불완전하기 때문에 자손 1대를 자가 교배하여 나온 자손 2대의 표현형과 유전자형의 분리비는 같게 나타난다.

**모범답안** 표현형의 분리비는 갈색 갈기 : 황금색 갈기=1 : 1이고, 유전자형의 분리비는 BB : BW=1 : 1이다. 이와 같은 결과가 나타나는 이유는 갈색 갈기 유전자와 흰색 갈기 유전자 사이의 우열 관계가 불완전하기 때문이다.

**유사답안** 표현형과 유전자형의 분리비는 갈색 갈기(BB) : 황금색 갈기(BW)=1 : 1이다. 이와 같은 결과가 나타나는 이유는 말의 갈기색 유전은 갈색 갈기 유전자와 흰색 갈기 유전자의 우열 관계가 불완전한 중간 유전이기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 자손의 갈기색 표현형과 유전자형의 분리비를 각각 옳게 쓰고, 그 이유를 옳게 설명한 경우 | 10점 |
| 자손의 갈기색 표현형과 유전자형의 분리비는 옳게 썼지만 그 이유를 '중간 유전을 한다'라고만 설명한 경우 | 6점 |

## 06 사람의 유전과 돌연변이

핵심 문제로 개념 마무리 p.51

**1** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) × (5) × **2** (1) 열성 (2) 우성 (3) 결실 (4) 3 (5) X

**1** (1) 단일 인자 유전은 1쌍의 대립 유전자에 의해 형질이 결정되는 유전으로, 대립 형질이 명확하게 구분되고, 멘델 법칙을 따른다.
(2) 사람의 키 형질은 여러 쌍의 유전자가 관여하는 다인자 유전이다.
(3) 색맹은 열성이며, 색맹 유전자는 X 염색체에 있어 남녀 모두에게 발현되지만 성별에 따라 발현 빈도가 다르다.
(4) 클라인펠터 증후군은 성염색체 구성이 XXY이며, 감수 분열 시 성염색체 비분리 현상에 의해 생기는 유전 질환이다.
(5) 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이이므로, 핵형 분석을 통해 알아내기 어렵다. 핵형 분석을 통해서는 염색체 돌연변이, 성별 등을 알아낼 수 있다.

**2** (1) 미맹은 단일 인자 유전으로, 멘델 법칙을 따른다. 부모가 모두 정상인데 자녀가 미맹이라면, 부모의 미맹 유전자형은 이형 접합으로 미맹 유전자를 가지고 있다. 부모의 표현형이 정상이므로 정상은 우성, 미맹은 열성이다.
(2) ABO식 혈액형은 복대립 유전으로, 3가지 대립 유전자 A, B, O에 의해 ABO식 혈액형이 결정된다. 대립 유전자 A와 B는 각각 O에 대해 우성이고, A와 B 사이에는 우열 관계가 없다.
(3) 고양이울음 증후군은 상염색체인 5번 염색체의 일부가 결실되어 나타나는 유전 질환이다.
(4) 다운 증후군은 상염색체인 21번 염색체를 3개 가지는 유전 질환으로, 양쪽 눈 사이가 멀고, 정신 지체 등이 나타난다.
(5) 터너 증후군은 성염색체 구성이 X로, 정상 여자(XX)보다 X 염색체가 1개 더 적다.

내신분석 기출문제 pp.52~59

**158** ⑤ **159** ③ **160** ③ **161** ④ **162** ② **163** ② **164** ⑤ **165** ⑤
**166** ⑤ **167** 아버지의 유전자형 : AO, 어머니의 유전자형 : BO **168** ②
**169** ⑤ **170** ③ **171** ③ **172** ⑤ **173** ⑤ **174** ③ **175** ⑤ **176** ②
**177** 해설 참조 **178** ③ **179** ② **180** ② **181** ⑤ **182** ② **183** ①
**184** 해설 참조 **185** ④ **186** ⑤ **187** ④ **188** ⑤ **189** ④ **190** ①
**191** ② **192** 해설 참조 **193** ②

**158** (가)는 1개의 난자와 1개의 정자가 수정되어 형성된 1개의 수정란이 발생 초기에 둘로 나누어져 각각 자란 경우이므로 1란성 쌍둥이가 만들어지는 과정이다.
(나)는 2개의 난자가 동시에 배란되어 각각 다른 정자와 수정되어 형성된 2개의 수정란이 각각 발생하여 자란 경우이므로

2란성 쌍둥이가 만들어지는 과정이다.

ㄱ, ㄴ. 1란성 쌍둥이는 유전적으로 동일하므로, ABO식 혈액형이 같고, 1란성 쌍둥이 사이에서 나타나는 형질의 차이는 유전적 차이가 아닌 환경적 영향에 의한 차이일 가능성이 크다.

ㄷ. (나)는 2란성 쌍둥이이므로 유전적으로 동일하지 않기 때문에 성별이 다를 수 있다.

**159** 형질 A를 나타내는 남녀의 비율이 비슷하므로 형질 A를 나타내는 유전자는 상염색체에 있어 반성 유전을 하지 않는다. 부모가 형질 A를 나타내지 않지만 형질 A를 나타내는 자녀가 있을 수 있으므로 형질 A는 열성이다.

부모가 형질 A를 나타내지 않지만 자녀가 형질 A를 나타낸다면, 부모의 형질 A 유전자형은 이형 접합, A를 나타내는 자녀의 형질 A 유전자형은 동형 접합이다.

ㄷ. 형질 A는 상염색체에 의한 유전이다. 따라서 어머니가 열성인 형질 A를 나타내는 대립 유전자를 가지고 있어도 아들이 아버지로부터 우성인 형질 A를 나타내지 않는 대립 유전자를 물려받게 되면 아들은 형질 A를 나타내지 않을 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 색맹 유전자는 성염색체인 X 염색체에 있지만 형질 A를 나타내는 대립 유전자는 상염색체에 있다. 따라서 형질 A를 나타내는 대립 유전자와 색맹 대립 유전자는 연관되어 있지 않다.

ㄴ. 형질 A는 열성이므로 형질 A를 나타내는 부모의 유전자형은 열성 동형 접합이다. 따라서 형질 A를 나타내는 부모 사이에서 태어난 자녀가 형질 A를 나타낼 확률은 100 %이다.

**160** 귓불 형질을 결정하는 유전자는 상염색체에 있으며, 귓불은 멘델의 분리의 법칙에 따라 유전된다.

ㄱ. A와 B는 귓불 형태가 서로 다르므로 A와 B는 유전적으로 동일하지 않다. 따라서 A와 B는 2란성 쌍둥이이다.

ㄷ. 분리형 귓불인 부모 사이에서 부착형 귓불인 자녀가 태어났으므로 분리형 귓불 형질은 우성, 부착형 귓불 형질은 열성이다.

[오답피하기] ㄴ. A는 부착형 귓불로, 열성 형질을 가진다. 열성 형질이 표현형으로 나타나려면 부착형 귓불 유전자를 2개 가지고 있어야 하므로 A의 귓불 유전자형은 동형 접합(순종)이다.

**161** ④ 귓불을 결정하는 유전자는 상염색체에 존재하므로 남녀 모두에게 비슷한 비율로 나타난다.

[오답피하기] ① ABO식 혈액형은 대립 유전자로 A, B, O를 가지며, 이 중 2개의 대립 유전자에 의해 형질이 결정된다.

② 미맹은 1쌍의 대립 유전자에 의해 형질이 결정되는 단일 인자 유전으로, 멘델 법칙을 따른다.

③ 색맹은 유전자가 X 염색체에 있고 열성이므로 여자보다 남자에게서 더 많이 나타난다.

⑤ 키는 다인자 유전 형질로, 우열 관계가 뚜렷하지 않고, 표현형은 정규 분포 곡선 형태를 나타낸다.

**162** ② ABO식 혈액형 유전에는 3개의 대립 유전자(A, B, O)가 관여하며, 2개의 대립 유전자에 의해 ABO식 혈액형이 결정된다.

[오답피하기] ① O형의 유전자형은 OO로, 대립 유전자가 같은 동형 접합이다.

③ 대립 유전자 A와 B는 서로 우열 관계가 없어 AB형의 경우 대립 유전자 A, B가 모두 표현된다.

④ A형의 유전자형이 AO라면 대립 유전자 A와 O는 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다.

⑤ AB형에서 대립 유전자 A와 B는 상동 염색체의 같은 위치에 존재하므로 생식 세포 형성 시 각각 서로 다른 생식 세포로 나뉘어 들어간다.

**163** ㄴ. 유전병 ㉠인 부모 사이에서 정상인 딸(3)이 태어났으므로 유전병 ㉠은 정상에 대해 우성이며, 상염색체에 의한 유전을 한다. 유전병 ㉠ 대립 유전자를 A, 정상 대립 유전자를 a라고 한다면 1과 2는 모두 유전병 ㉠에 대한 유전자형이 aa이므로 동형 접합이다.

[오답피하기] ㄱ. 유전병 ㉠ 대립 유전자가 X 염색체에 있다면 유전병 ㉠인 아버지는 항상 딸에게 유전병 ㉠이 있는 X 염색체를 물려주므로 정상인 딸(3)이 태어날 수 없다. 따라서 유전병 ㉠ 대립 유전자는 상염색체에 있다.

ㄷ. 3의 부모는 모두 유전병 ㉠에 대한 유전자형이 Aa이므로, 3의 동생이 가질 수 있는 유전병 ㉠에 대한 유전자형은 AA, Aa, Aa, aa이다. 따라서 3의 동생이 유전병 ㉠을 가질 확률은 $\frac{3}{4}\times100=75$ %이다.

**164** ㄱ. 아버지는 형질 ㉠이 발현되고 철수는 발현되지 않는 것을 통해 형질 ㉠의 유전은 성염색체인 X 염색체에 의한 유전임을 알 수 있으며, 철수 부모는 형질 ㉠이 발현되지만 철수는 발현되지 않는 것을 통해 형질 ㉠이 발현되는 것이 형질 ㉠이 발현되지 않는 것에 대해 우성임을 알 수 있다. 따라서 아버지의 형질 ㉠ 유전자형은 $X^AY$이며, 누나에게 반드시 $X^A$를 물려주므로 누나는 대립 유전자 A를 가진다.

ㄴ. 형의 형질 ㉠ 유전자형은 $X^AY$이므로 아버지의 유전자형과 같다.

ㄷ. 형은 형질 ㉠이 발현되고, 철수는 형질 ㉠이 발현되지 않으므로 어머니의 형질 ㉠ 유전자형은 $X^AX^a$이다. 철수의 부모 사이에서 태어나는 여동생이 가질 수 있는 형질 ㉠ 유전자형은 $X^AX^A$, $X^AX^a$이므로 모두 형질 ㉠이 발현된다. 따라서 철수의 여동생이 태어날 때, 이 아이에게서 형질 ㉠이 발현될 확률은 100 %이다.

**165** ㄱ, ㄴ. 정상인 아버지와 어머니 사이에서 미맹인 철수가 태어났으므로 미맹은 열성 형질이며, 아버지와 어머니는 모두

미맹 대립 유전자와 정상 대립 유전자를 가지고 있는 이형 접합임을 알 수 있다.

ㄷ. 철수가 O형인 것은 아버지와 어머니에게서 각각 대립 유전자 O를 물려받았기 때문이고, 여동생이 AB형인 것은 아버지에게서 대립 유전자 A를, 어머니에게서 대립 유전자 B를 물려받았기 때문이다. 따라서 아버지의 ABO식 혈액형 유전자형은 AO, 어머니의 ABO식 혈액형 유전자형은 BO이다.

**166** ㄴ. ㉡은 어머니에게서 대립 유전자 O를 물려받았다. ㉡은 AB형인 딸에게 대립 유전자 B를 물려주었으므로 ㉡의 ABO식 혈액형은 B형(BO)이다.

ㄷ. ㉢의 ABO식 혈액형 유전자형은 BO이고, O형인 여자의 유전자형은 OO이다. 이들 사이에서 태어나는 자녀의 혈액형은 B형(BO), O형(OO)이므로 B형인 아들이 태어날 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{4}$이다.

[오답피하기] ㄱ. A형인 ㉠과 ㉣의 ABO식 혈액형 유전자형은 이형 접합으로, 모두 AO이다.

**167** 응집원을 만들지 못하는 대립 유전자 O가 열성인데 여동생이 대립 유전자 O를 2개 가지고 있으므로 여동생의 ABO식 혈액형은 O형임을 알 수 있다. 여동생의 열성 대립 유전자는 부모에게서 각각 하나씩 물려받은 것이므로 아버지와 어머니 모두 대립 유전자 O를 가진다. 아버지는 응집원 A만을 가지므로 A형이며, 대립 유전자 O를 가지므로 ABO식 혈액형 유전자형은 AO이다. 그리고 영희의 ABO식 혈액형 유전자형은 AB인데 대립 유전자 A는 아버지에게서, B는 어머니에게서 물려받은 것이다. 그러므로 어머니의 ABO식 혈액형은 B형이고 유전자형은 BO이다.

**168** ㉠은 여러 쌍의 대립 유전자에 의해 형질이 결정되므로 피부색이고, ㉡은 상염색체에 의한 유전이므로 ABO식 혈액형, ㉢은 X 염색체에 의한 반성 유전인 혈우병이다.

ㄴ. ABO식 혈액형을 결정하는 데 3개의 대립 유전자(A, B, O)가 관여하며, A와 B는 O에 대해 모두 우성이고, A와 B는 서로 우열 관계가 없이 공동 우성이다. 따라서 유전자형 AA, AO는 A형, BB, BO는 B형, AB는 AB형, OO는 O형이므로 ABO식 혈액형(㉡)의 표현형은 4가지(A형, B형, AB형, O형)이다.

[오답피하기] ㄱ. ㉠은 피부색이다.

ㄷ. 혈우병(㉢)은 X 염색체에 의한 열성 유전으로 단일 인자 유전이며, 정상에 대해 열성이다.

오개념 피하는 노하우

**■ 단일 인자 유전과 다인자 유전**

단일 인자 유전은 하나의 형질 발현에 1쌍의 대립 유전자가 관여하며, 대립 형질이 뚜렷하게 구분된다. 다인자 유전은 하나의 형질 발현에 여러 쌍의 대립 유전자가 관여하며, 대립 형질이 뚜렷하게 구분되지 않아 연속적인 형질 분포를 보인다.

**169** ㄴ. 키는 표현형이 다양하여 정규 분포 곡선을 나타내는데, 이는 여러 쌍의 대립 유전자가 관여하는 다인자 유전이기 때문이다. 반면, 미맹은 2가지 대립 형질이 뚜렷하게 구분되므로 1쌍의 대립 유전자에 의해 형질이 결정되는 단일 인자 유전이다.

ㄷ. 1란성 쌍둥이의 유전적 구성은 동일하므로 단일 인자 유전 형질인 미맹 여부는 동일하다. 그러므로 1란성 쌍둥이 중 한 명이 미맹이면 나머지 한 명도 미맹이다.

[오답피하기] ㄱ. 다인자 유전 형질인 키는 여러 개의 유전자가 형질 발현에 관여하며, 환경의 영향을 많이 받는다.

**170** ㄷ. (나)인 부모로부터 정상인 아들과 딸이 태어나므로 (나)의 대립 유전자는 정상 대립 유전자에 대해 우성이며, (나)인 아버지로부터 정상인 딸이 태어나는 것을 통해 (나)의 대립 유전자는 상염색체에 있음을 알 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 어머니가 (가)이면 아들은 반드시 (가)이므로 (가)의 대립 유전자는 X 염색체에 있으며, (가)는 열성 형질임을 알 수 있다. 아버지가 (가)일 때 딸에게 (가)의 대립 유전자가 있는 X 염색체를 물려주어도 어머니가 정상 대립 유전자가 있는 X 염색체를 물려준다면, 딸은 정상이다. 따라서 아버지가 (가)라도 딸이 반드시 (가)는 아니다.

ㄴ. (가)는 X 염색체에 의한 유전이고, (나)는 상염색체에 의한 유전이므로 (가)와 (나)는 연관되어 있지 않다.

**171** 정상인 부모 사이에서 (가) 발현 딸(6의 누나)이 태어났으므로 형질 (가)는 정상에 대해 열성이다. 따라서 정상 대립 유전자는 H, (가) 발현 대립 유전자는 h이다. H와 h가 성염색체에 있다면 정상인 아버지에서 (가) 발현 딸(6의 누나)이 태어날 수 없다. 따라서 H와 h는 상염색체에 있다.

ㄱ. 5는 형질 (가)를 발현하므로 유전자형이 hh이며, 대립 유전자 h는 아버지와 어머니로부터 각각 하나씩 물려받은 것이다. 따라서 3(5의 아버지)은 5에게 대립 유전자 h를 물려주었다.

ㄴ. 4는 1로부터 대립 유전자 H를, 2로부터 h를 각각 1개씩 물려받았기 때문에 유전자형이 Hh이다. 따라서 4의 체세포에 있는 대립 유전자 H와 h의 수는 같으므로 $\frac{\text{h의 수}}{\text{H의 수}}=1$이다.

[오답피하기] ㄷ. 6의 아버지와 어머니는 유전자형이 모두 Hh이므로, 이들 사이에서 태어나는 자녀가 가질 수 있는 유전자형은 HH, Hh, Hh, hh이다. 따라서 6의 동생이 형질 (가)를 발현하는 여자(hh)일 확률은 $\frac{1}{4}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{8}$이다.

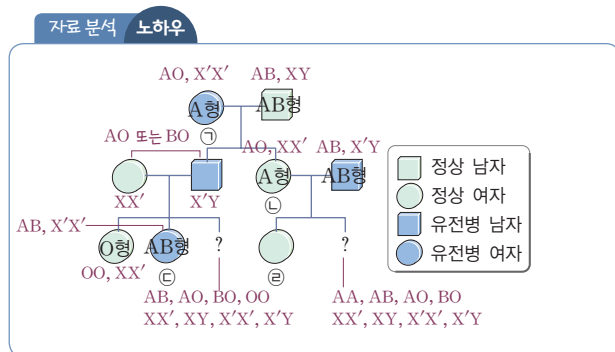
**172** 유전병이 반성 유전을 하는데 유전병인 아버지로부터 정상인 딸이 나오므로 유전병 유전자는 X 염색체에 있으며, 정상 유전자에 대해 열성이다.

ㄴ. ㉢의 부모의 ABO식 혈액형 유전자형은 AO와 BO이고, ㉣의 부모의 ABO식 혈액형 유전자형은 AO와 AB이다. ㉢의 동생이 가질 수 있는 ABO식 혈액형은 AB형, A형, B형,

O형이므로, A형일 확률은 $\frac{1}{4}$이다. ㉣의 동생이 가질 수 있는 ABO식 혈액형은 A형(AA, AO), AB형, B형이므로, A형일 확률은 $\frac{1}{2}$이다. 따라서 ㉢과 ㉣의 동생이 각각 1명씩 태어날 때 ABO식 혈액형이 모두 A형일 확률은 $\frac{1}{4}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{8}$이다.

ㄷ. 이 유전병은 X 염색체에 존재하고 열성 형질이다. 유전병 유전자를 X′, 정상 대립 유전자를 X라고 한다면 ㉠의 ABO식 혈액형 유전자형은 AO이고, 유전병 유전자형은 X′X′이다. ㉣의 어머니는 유전병 유전자형이 XX′, 아버지는 X′Y이므로 ㉣의 동생이 태어날 때 가질 수 있는 유전병 유전자형은 XX′, XY, X′X′, X′Y이다. 따라서 ㉣의 동생이 AO이면서 X′X′일 확률은 $\frac{1}{4}\times\frac{1}{4}=\frac{1}{16}$이다.

[오답피하기] ㄱ. ㉠과 ㉡은 ABO식 혈액형 유전자형이 동일하다고 하였고, ㉠의 손녀가 O형이므로 ㉠과 ㉡의 ABO식 혈액형 유전자형은 AO이다.

자료 분석 노하우

**173** ㄱ. 철수가 색맹이므로 A의 어머니는 보인자(XX′)이고 아버지는 색맹(X′Y)이므로 A가 여자일 경우 가질 수 있는 색맹 유전자형은 XX′, X′X′이다. 따라서 A가 여자이면 색맹(X′X′)일 확률은 $\frac{1}{2}$(=50 %)이다.

ㄴ. 철수의 어머니가 보인자(XX′)이고, 외할아버지는 정상(XY)이다. 그러므로 철수의 어머니는 색맹 대립 유전자를 철수의 외할머니에게서 물려받았다. 따라서 철수의 외할머니는 색맹 대립 유전자를 가지고 있다.

ㄷ. 철수의 아버지가 색맹인 것은 철수의 할머니에게서 색맹 대립 유전자를 물려받았기 때문이다. 따라서 철수의 할머니는 철수의 어머니와 같은 보인자(XX′)이다.

**174** ㄱ. 1의 유전병 ㉠ 유전자형이 이형 접합인 AA*인데 유전병 ㉠이므로 A는 열성 대립 유전자이며, A*는 우성 대립 유전자임을 알 수 있다. 유전병 ㉠ 대립 유전자가 성염색체에 있다면 유전병 ㉠인 아버지(2)로부터 정상인 딸(4)이 태어날 수 없다. 따라서 유전병 ㉠의 대립 유전자는 상염색체에 있음을 알 수 있다. 2는 아버지로부터, 3은 어머니로부터, 5는 아버지로부터 대립 유전자 A를 물려받았다. 따라서 2, 3, 5는 모두 대립 유전자 A를 갖는다.

ㄷ. 4의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA, 5의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA*이므로 이들 사이에서 태어난 자녀의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA, AA*이다. 따라서 유전병 ㉠을 나타내는 남자 아이(AA*)일 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{4}$이다.

[오답피하기] ㄴ. 유전병 ㉠의 대립 유전자는 상염색체에 있다.

**175** ㄱ. 유전병 ㉠을 결정하는 대립 유전자가 Y 염색체에 있다면 남자들에서만 유전병 ㉠이 발현되어야 하지만 어머니에서도 발현되므로 유전병 ㉠을 결정하는 대립 유전자는 X 염색체에 있다. 철수는 유전병 ㉠이 발현되었고 남동생은 정상이다. 이를 통해 어머니의 유전병 ㉠ 유전자형은 이형 접합이며, 어머니는 유전병 ㉠이 발현되므로 유전병 ㉠ 대립 유전자가 정상 대립 유전자에 대해 우성임을 알 수 있다.

ㄴ. 유전병 ㉠은 정상에 대해 우성이므로 여자의 경우 유전병 ㉠의 대립 유전자가 1개만 있어도 유전병 ㉠을 발현한다. 따라서 유전병 ㉠은 남자보다 여자에게서 많이 발현된다.

ㄷ. 유전병 ㉠ 대립 유전자를 A, 정상 대립 유전자를 a라고 한다면 철수의 유전병 ㉠ 유전자형은 $X^AY$이고, 정상인 여자는 $X^aX^a$이다. $X^AY$인 남자와 $X^aX^a$인 여자 사이에서 태어난 자녀가 가질 수 있는 유전병 ㉠ 유전자형은 $X^AX^a$, $X^aY$이므로 태어나는 딸은 항상 유전병 ㉠을 발현한다. 따라서 철수와 같은 유전병 ㉠ 유전자형을 가진 남자가 정상인 여자와 결혼하여 딸을 낳을 때, 이 딸이 유전병 ㉠을 발현할 확률은 100 %이다.

**176** 여자인 1은 대립 유전자 T와 T*를 가지고 있고, 남자인 2는 대립 유전자 T를 가지고 있으며, DNA 상대량은 1의 절반이다. 이를 통해 이 유전병 발현에 관여하는 유전자는 성염색체인 X 염색체에 있다는 것을 알 수 있다. 그리고 1은 대립 유전자 T와 T*를 가지고 있는데 정상이고, 2는 T만 가지고 있는데 정상인 것을 통해 T가 정상 대립 유전자, T*는 유전병 대립 유전자라는 것과 T는 우성 대립 유전자, T*는 열성 대립 유전자라는 것을 알 수 있다.

② 4는 남자이므로 어머니인 1에게서 대립 유전자 T 또는 T*를 물려받는다. 따라서 4가 유전병 환자일 확률은 $\frac{1}{2}$(=50 %)이다.

[오답피하기] ① 5는 유전자형이 TT이거나 TT*이므로 3(TT)과 동일하다고 할 수 없다.
③ 이 유전병은 반성 유전을 한다.
④ 대립 유전자 T*는 T에 대해 열성이다.
⑤ 대립 유전자 T와 T*는 동일한 유전병 발현에 관여하므로 상동 염색체의 같은 위치에 존재한다.

**177** 유전병 대립 유전자를 X′이라고 하면 어머니와 철수의 유전자형은 각각 XX′과 X′Y가 된다.

모범답안 어머니는 정상이고 철수는 유전병인데 유전병 대립 유전자의 DNA 상대량이 같으므로 유전병 대립 유전자는 X 염색체에 있다. 따라서 이 유전병은 반성 유전을 한다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 이 유전병이 반성 유전을 하는 이유를 어머니와 철수의 유전병 대립 유전자의 DNA 상대량을 근거로 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 이 유전병이 반성 유전을 하는 이유를 어머니, 철수와 연관 지어 설명하였지만 다소 부족한 경우 | 2점 |

**178** ㄱ. 색맹은 열성 형질인데 자녀 (가)는 색맹이므로 X 염색체인 ㉠과 ㉡에는 모두 색맹 대립 유전자가 존재한다.

ㄴ. 자녀 (가)는 색맹 대립 유전자를 모두 어머니로부터 물려받았으므로 어머니는 색맹이 아니지만 색맹 대립 유전자를 가지고 있는 보인자이다. 따라서 어머니의 체세포에는 색맹 대립 유전자가 있는 X 염색체가 있다.

[오답피하기] ㄷ. 감수 1분열에서 염색체의 비분리가 일어나면 정상 대립 유전자가 있는 X 염색체와 색맹 대립 유전자가 있는 X 염색체가 함께 있는 난자가 형성되는데 자녀 (가)는 색맹 대립 유전자가 있는 X 염색체를 2개 갖고 있다. 따라서 자녀 (가)는 감수 1분열에서 비분리가 일어난 난자와 정상 정자의 수정으로 태어나지 않았다. 감수 2분열에서 염색 분체의 비분리가 일어나면 색맹 대립 유전자가 있는 X 염색체를 2개 가진 난자가 형성되므로, 색맹인 자녀 (가)는 감수 2분열에서 비분리가 일어난 난자와 정상 정자의 수정으로 태어났음을 알 수 있다.

**179** ㄴ. 철수는 클라인펠터 증후군이므로 성염색체 구성이 XXY이다. 따라서 철수는 성염색체 구성이 XY인 정자 A와 성염색체 구성이 X인 난자 C의 수정으로 태어났다. A의 X 염색체에는 색맹 대립 유전자가 없고, C의 X 염색체에는 색맹 대립 유전자가 있다. 철수는 2개의 X 염색체 중 하나에만 색맹 대립 유전자가 있고, 다른 하나에는 정상 대립 유전자가 있으므로 색맹이 아니다.

[오답피하기] ㄱ. A에는 X 염색체와 Y 염색체가 함께 있으므로 A는 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 형성된 정자이다.

ㄷ. B에는 22개의 상염색체만 있고, C에는 22개의 상염색체와 1개의 성염색체가 있다. 따라서 B와 C는 같은 수의 상염색체를 가지고 있다.

**180** ② 난자 ㉠은 상염색체를 1개 더 갖고 있으므로 난자 ㉠이 정상 정자와 수정되어 태어난 자녀는 상염색체가 45개인 유전병을 갖게 된다. 에드워드 증후군은 18번 염색체가 3개인 유전병이다.

[오답피하기] ①, ④ 터너 증후군($2n-1=44+X$)과 클라인펠터 증후군($2n+1=44+XXY$)은 모두 성염색체의 비분리에 의한 유전병이다.

③ 고양이울음 증후군은 염색체 구조 이상에 의한 돌연변이이다.

⑤ 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자(DNA)의 염기 서열에 이상이 있어 나타난 유전자 돌연변이이다.

**181** ⑤ (가)와 (나)는 염색체 비분리 현상에 의한, (다)는 염색체 구조 이상에 의한, (라)는 유전자 돌연변이에 의한 유전 질환을 갖는다.

[오답피하기] ① 터너 증후군(㉠)은 정상인보다 성염색체인 X 염색체가 1개 적어 나타나는 유전 질환으로, 외관상 여자이나 난소의 발달이 불완전하며, 키가 작다.

② 다운 증후군은 21번 염색체가 정상인보다 1개 더 많아 나타나는 유전 질환으로, 정신 지체, 심장 기형 등의 증상이 있다. 따라서 ㉡은 '1'이다.

③ 정상인과 비교하여 5번 염색체의 일부가 결실되어 어릴 때 고양이 울음소리와 비슷한 소리를 내며, 안면과 심장이 기형이고, 심한 정신 지체를 나타내는 유전 질환인 ㉢은 고양이울음 증후군이다.

④ 낫 모양 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈 합성과 관련된 유전자의 이상으로 헤모글로빈을 구성하는 아미노산 중 하나가 바뀌어 비정상적인 헤모글로빈이 만들어지고, 이 때문에 적혈구가 낫 모양으로 변하는 유전 질환이다. 이와 같이 유전자의 본체인 DNA의 염기 서열이 변해 나타나는 돌연변이를 유전자 돌연변이라고 한다. 따라서 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이이다.

**182** ㄴ. 자녀 (가)의 체세포에 있는 성염색체는 모두 어머니의 성염색체와 유전자 구성이 일치하므로, 자녀 (가)는 어머니로부터만 2개의 X 염색체를 물려받았다.

[오답피하기] ㄱ. 터너 증후군의 체세포에는 상염색체가 44개, 성염색체인 X 염색체가 1개 있는데 자녀 (가)의 체세포에는 상염색체가 44개, 성염색체가 2개 있다. 따라서 자녀 (가)는 터너 증후군을 나타내지 않는다.

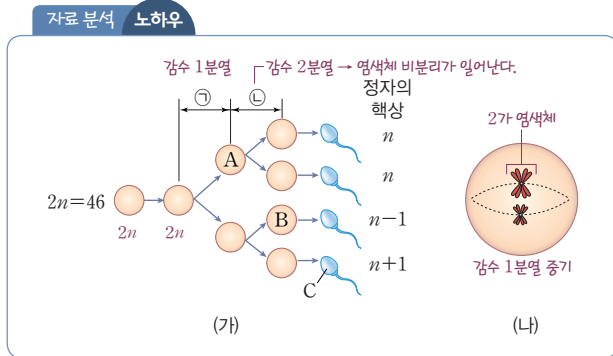
ㄷ. 자녀 (가)는 2개의 X 염색체가 있는 난자와 성염색체가 없는 정자의 수정으로 태어났다. 따라서 자녀 (가)는 성염색체 비분리가 일어난 난자와 정자의 수정으로 태어났다.

**183** 정자의 핵상으로 보아 (가)에서는 감수 2분열인 ㉡ 시기에 성염색체의 비분리가 일어났다.

ㄱ. A는 감수 1분열이 끝난 시기이므로 A의 상염색체 수는 22개이다. B는 염색체가 1개 부족하므로 총 염색체 수가 22개이다. 그러므로 $\frac{\text{A의 상염색체 수}}{\text{B의 총 염색체 수}}=1$이다.

[오답피하기] ㄴ. 클라인펠터 증후군은 정상 난자와 성염색체 구성이 XY인 정자가 수정되면 생길 수 있다. 그러나 C의 성염색체 구성은 XX이거나 YY이므로 C와 정상 난자가 수정

하면 클라인펠터 증후군이 나타날 수 없다.

ㄷ. (나)는 2가 염색체가 세포의 중앙에 배열되어 있는 모습이므로 감수 1분열 중기에 해당한다. 감수 1분열 중기는 ㉠ 시기에 관찰되는데, 염색체 비분리는 감수 2분열 시기(㉡)에 일어났다.

**184** ㉠은 감수 1분열로 상동 염색체가 분리되고, ㉡은 감수 2분열로 염색 분체가 분리된다. 정상 정자는 Y 염색체를 가지고 있으므로 난자 형성 시 염색 분체가 분리되는 감수 2분열에서 X 염색체가 비분리되어야 하고, 난세포에는 색맹 유전자를 가진 X 염색체가 2개 존재해야 한다.

**모범답안** ㉡, 클라인펠터 증후군은 성염색체의 구성이 XXY인데, 아이가 색맹이므로 2개의 X 염색체에 모두 색맹 대립 유전자가 있어야 한다. 따라서 정상 정자는 Y 염색체를 가지고 있고, 난자에는 색맹 대립 유전자를 가진 X 염색체가 2개 존재해야 하므로 감수 2분열인 ㉡ 과정에서 색맹 대립 유전자를 가진 X 염색체가 비분리되었다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 성염색체 비분리가 일어난 시기를 정확히 쓰고, 그렇게 판단한 이유를 난자에 색맹 대립 유전자가 2개 있어야 한다는 것과 연관 지어 옳게 설명한 경우 | 6점 |
| 성염색체 비분리가 일어난 시기를 정확히 썼으나, 그렇게 판단한 이유를 다소 부족하게 설명한 경우 | 4점 |
| 성염색체 비분리가 일어난 시기를 정확히 썼으나, 그렇게 판단한 이유를 틀리게 설명한 경우 | 2점 |

**185** ④ 낫 모양 적혈구 빈혈증은 유전자 돌연변이이므로 염색체 수는 정상인과 동일하다.

[오답피하기] ① 클라인펠터 증후군의 염색체 구성은 44+XXY이다.

② 다운 증후군은 상염색체의 수가 정상보다 1개 더 많은 경우이므로 남자와 여자에게 나타나는 비율이 비슷하다.

③ 터너 증후군의 염색체 수는 45개, 다운 증후군의 염색체 수는 47개이다. 따라서 터너 증후군은 다운 증후군보다 염색체 수가 2개 적다.

⑤ 고양이울음 증후군은 5번 염색체의 일부가 손실되는 결실이 일어나 발생한다.

**186** ㄱ. 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 있으므로 l은 L의 대립 유전자이다.

ㄴ. (나)에는 유전자 C가 반복된 부위가 있으므로 중복이 일어난 것이다.

ㄷ. (다)에는 유전자 CDE가 EDC로 거꾸로 붙어 있는 부위가 있으므로 역위가 일어난 것이다.

**187** ㄱ. 그림에서 일어난 염색체 구조 이상은 중복이며, ㉠에서도 유전자 c가 중복되었다.

ㄴ. ㉡에서는 유전자 c와 d가 결실되었으며, 고양이울음 증후군은 5번 염색체의 일부가 결실되어 나타난 염색체 돌연변이이다. 따라서 ㉡과 같은 구조 이상(결실)에 의한 돌연변이의 예에 고양이울음 증후군이 포함된다.

[오답피하기] ㄷ. ㉢은 유전자 b, c, d, e가 거꾸로 붙은 역위가 일어난 것이다. ㉣은 유전자 e가 결실되고, 유전자 m과 n이 붙는 전좌가 일어났는데, 유전자 m과 n은 상동 염색체의 유전자가 아니다. 따라서 ㉣은 비상동 염색체 사이에 전좌가 일어났다.

**188** ㄴ. (가)에서는 감수 1분열에서 21번 염색체가 비분리되어 A로 1개의 21번 염색체가 전달되지 못했으므로 총 염색체 수는 22개이다. (나)에서는 감수 2분열에서 성염색체가 비분리되었으므로 B의 상염색체 수는 정상적으로 22개이다.

ㄷ. ㉠은 성염색체의 비분리로 인해 성염색체가 없는 정자이다. 이 정자(㉠)와 정상 난자가 수정되면, 성염색체는 정상 난자가 가지고 있는 X 염색체 1개 뿐이다. 성염색체로 X 염색체를 1개만 가질 경우 터너 증후군이 나타난다.

[오답피하기] ㄱ. (가)의 경우 딸세포에 핵상이 $n$인 것이 없으므로 감수 1분열 시 상동 염색체가 비분리되어 생식 세포가 생성된 것임을 알 수 있다.

**189** ㄱ. 정자 ㉠과 ㉡은 모두 정상 정자와 다르게 염색체 수가 많거나 적다. 이와 같은 염색체 수의 이상은 감수 분열 과정에서 비분리가 일어나 나타난 현상이다.

ㄴ. 정상 난자와 정자 ㉠이 수정하여 태어난 아이는 21번 염색체가 3개이므로 다운 증후군이 나타난다.

[오답피하기] ㄷ. 정상 난자와 정자 ㉡이 수정하면 X 염색체가 1개인 터너 증후군을 나타내는 아이가 태어난다. 터너 증후군인 아이의 성별은 여자이다.

**190** ㄴ. 낫 모양 적혈구는 정상 적혈구에 비해 수명이 짧고, 산소 운반 기능이 떨어져 심한 빈혈을 일으키며, 모세 혈관을 막아 혈액 순환 속도를 느리게 한다.

[오답피하기] ㄱ. 낫 모양 적혈구가 나타나는 이유는 헤모글로빈을 구성하는 단백질의 아미노산 서열에서 글루탐산이 발린으로 바뀌었기 때문이다. 따라서 정상 적혈구와 낫 모양 적혈구의 헤모글로빈을 구성하는 아미노산의 수는 같다.

ㄷ. 낫 모양 적혈구 빈혈증은 헤모글로빈을 구성하는 아미노산 중 글루탐산이 발린으로 바뀌어 비정상적인 헤모글로빈이

합성되고 적혈구가 낫 모양으로 변한 유전자 돌연변이이다.

**191** ㄷ. ㉠은 X 염색체를 가진 정상 정자이고, ㉡은 성염색체가 없는 정자이다. 이와 같이 성염색체 비분리에서 X 염색체를 가진 정상 정자가 생긴 것은 감수 2분열 과정에서 Y 염색체를 구성하는 염색 분체의 비분리가 일어났기 때문이다.

[오답피하기] ㄱ. 정자 ㉠은 정상 정자이므로 핵상은 $n$이고, 정자 ㉡의 핵상은 $n-1$이다.

ㄴ. 성염색체가 없는 정자 ㉡과 X 염색체를 가진 정상 난자가 수정되어 태어난 아이의 핵형은 44+X이므로 터너 증후군이 나타난다.

**192** (나)와 같이 전좌가 일어난 세포가 암세포로 변하여 만성 골수 백혈병을 유발한다.

모범답안 9번과 22번 염색체 사이에서 염색체의 일부가 바뀌는 전좌가 일어났다.

| 채점 기준 | 배점 |
| --- | --- |
| 9번과 22번 염색체 사이에 염색체의 일부가 바뀌는 전좌가 일어났기 때문이라고 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 9번과 22번 염색체 사이에 염색체의 일부가 바뀌었기 때문이라고만 설명한 경우 | 3점 |

**193** ㄴ. 핵형 분석을 통해 염색체 수를 알 수 있으므로 태아의 다운 증후군 여부를 알 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 핵형 분석으로 어떤 유전자를 가지고 있는지 알 수 없으므로 태아의 ABO식 혈액형이 무엇인지 알 수 없다.

ㄷ. 양수 검사를 통한 핵형 분석은 태아의 염색체 이상 여부를 확인하기 위해 이용되는 방법이므로, 태아의 유전자 돌연변이 여부를 진단할 수는 없다.

**194** ㄴ. 4가 A형인 것은 AB형인 아버지로부터 유전자 A를, B형인 어머니로부터 유전자 O를 물려받았기 때문이다. 따라서 2의 ABO식 혈액형 유전자형은 BO이므로 이형 접합이다.

ㄷ. 정상인 부모 사이에서 유전병 ㉠인 딸(4)이 태어났으므로 유전병 ㉠은 열성 형질이면서 상염색체에 의한 유전을 한다. 3의 ABO식 혈액형 유전자형은 BO, 4는 AO이므로 이들 자녀가 가질 수 있는 ABO식 혈액형 유전자형은 AB, AO, BO, OO이다. 따라서 O형(OO)인 아이가 태어날 확률은 $\frac{1}{4}$이다. 정상 대립 유전자를 T, 유전병 ㉠ 대립 유전자를 t라고 할 때, 3의 유전병 ㉠ 유전자형은 Tt, 4는 tt이므로 이들 자녀가 가질 수 있는 유전병 ㉠ 유전자형은 Tt, tt이다. 따라서 유전병 ㉠(tt)인 아이가 태어날 확률은 $\frac{1}{2}$이다. 결론적으로 3과 4 사이에 아이가 태어날 때, 이 아이가 O형이면서 유전병 ㉠일 확률은 $\frac{1}{4}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{8}$(=12.5 %)이다.

[오답피하기] ㄱ. 유전병 ㉠은 상염색체에 의한 유전이므로 1에서 유전병 ㉠ 대립 유전자는 X 염색체에 존재하지 않는다.

**195** ㄱ. 에드워드 증후군은 상염색체인 18번 염색체가 정상인보다 1개 더 많은 염색체 돌연변이로, 남녀 모두에게 나타난다.

[오답피하기] ㄴ. 페닐케톤뇨증은 효소 이상으로 페닐알라닌을 타이로신으로 바꾸지 못해 체내에 페닐알라닌이 축적되는 유전병이며, 정상 유전자의 DNA에 이상이 생긴 유전자 돌연변이이다.

ㄷ. 다운 증후군 환자의 상염색체 수는 45개이고, 페닐케톤뇨증 환자의 총 염색체 수는 46개이다. 따라서 다운 증후군 환자의 상염색체 수와 페닐케톤뇨증 환자의 총 염색체 수는 다르다.

**196** ㄴ. 키는 여러 쌍의 대립 유전자의 상호 작용에 의해 발현되는 형질로, 다인자 유전을 하기 때문에 표현형이 다양하다.

[오답피하기] ㄱ. 홍역은 홍역 바이러스의 감염에 의해 생기는 질병으로, 유전 현상과 관련이 없다.

ㄷ. ABO식 혈액형 유전에서 대립 유전자 A와 B 사이에는 우열 관계가 없어 AB형의 경우 A와 B의 형질이 함께 발현된다.

**197** ㄴ. 유전병 (가)인 아버지의 아들 중에는 유전병 (가)에 대해 정상인 아들이 있지만 유전병 (나)인 아버지의 아들은 반드시 유전병 (나)이다. 이를 통해 유전병 (가)의 대립 유전자는 X 염색체에, (나)의 대립 유전자는 Y 염색체에 존재한다는 것을 알 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 철수의 누나는 어머니로부터 정상 대립 유전자를, 아버지로부터 유전병 (가) 대립 유전자를 물려받으므로 누나의 유전병 (가) 유전자형은 이형 접합이다. 철수의 어머니와 이모는 모두 외할머니로부터 정상 대립 유전자를, 외할아버지로부터 유전병 (가) 대립 유전자를 물려받으므로 철수 어머니와 이모의 유전병 (가) 유전자형은 모두 이형 접합이다. 따라서 유전병 (가) 유전자형이 이형 접합인 여자는 최소 3명이다. 철수 외할머니는 이형 접합인지 동형 접합인지 알 수 없다.

ㄷ. 유전병 (가)의 대립 유전자를 a, 정상 대립 유전자를 A라고 하면 철수 어머니의 유전병 (가) 유전자형이 $X^AX^a$이고, 철수 아버지의 유전병 (가) 유전자형이 $X^aY$이므로 철수 동생이 가질 수 있는 유전병 (가) 유전자형은 $X^AX^a$, $X^aX^a$, $X^AY$, $X^aY$이고, 철수 동생이 남동생이면 반드시 유전병 (나)이다. 따라서 철수 동생이 유전병 (가)와 (나)를 모두 나타내려면 유전병 (가) 유전자형이 $X^aY$이어야 하므로 확률은 25 %이다.

**198** ㄱ. ㉢과 ㉣은 $A^*$의 DNA 상대량이 1로 같지만 ㉢은 유전병이고, ㉣은 정상이다. 이를 통해 유전병 대립 유전자는 $A^*$이며, X 염색체에 있다는 것을 알 수 있다.
ㄷ. ㉠의 유전병 유전자형은 $X^AX^{A^*}$이고, ㉡은 유전병 대립 유전자 $A^*$를 가지고 있지 않으므로 ㉤의 대립 유전자 $A^*$는 모두 ㉠으로부터 물려받은 것이다. 따라서 ㉠의 감수 2분열 시 비분리가 일어나 생성된 난자($X^{A^*}X^{A^*}$)와 ㉡의 정상 정자의 수정으로 ㉤이 태어났다.
[오답피하기] ㄴ. 표를 통해 ㉣의 유전병 유전자형은 $X^AX^{A^*}$라는 것을 알 수 있다. 따라서 ㉠과 ㉣의 체세포 1개당 $A^*$의 DNA 상대량은 같다.

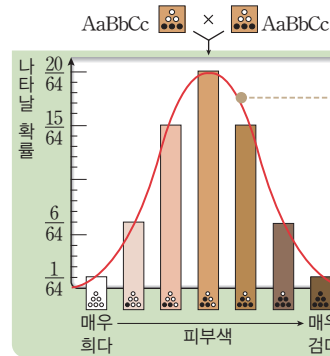
**199** ㄱ. ㉠의 핵상이 $n-1$, ㉡의 핵상이 $n+1$, ㉢의 핵상이 $n$이므로 감수 2분열에서 비분리가 일어났음을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. 정자 형성 과정에서 상염색체 비분리가 일어난 것이므로 ㉠과 정상 난자가 수정되어 태어난 아이는 상염색체가 1개 없는 여자이다. 따라서 이 아이는 X 염색체가 정상보다 1개 부족한 터너 증후군을 나타내지 않는다.
ㄷ. 정자 형성 과정에서 성염색체는 정상 분리되었으므로 ㉡의 X 염색체 수는 1개이고, ㉢에는 X 염색체가 없다.

**200** ㄱ. 적록 색맹 유전자는 X 염색체에 있는데 철수는 남자이면서 적록 색맹 유전자를 2개 가지고 있으므로 성염색체 구성이 $X'X'Y$인 클라인펠터 증후군이다.
ㄴ. 철수는 적록 색맹 유전자가 있는 X 염색체를 2개, Y 염색체를 1개 갖고 있으며, 이 중 1개의 X 염색체는 어머니로부터 물려받은 것이다. 따라서 정자 ㉠에는 X와 Y 염색체가 함께 있으며, 감수 1분열에서 성염색체 비분리가 일어나 형성된 것임을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄷ. 철수가 적록 색맹 유전자를 2개 가지고 있는 것은 하나는 아버지로부터, 다른 하나는 어머니로부터 물려받았기 때문이다. 따라서 어머니는 보인자($XX'$)이며, 난자 ㉡에는 적록 색맹 유전자가 있는 X 염색체가 있다.

**201** ㄱ. (가)는 임신 14～16주 사이에 실시하는 양수 검사이고, (나)는 임신 8～10주 사이에 실시하는 융모막 검사이다. 따라서 (가)와 (나)를 실시할 때의 태아의 발생 시기는 다르다.
ㄷ. 융모막에서 채취한 융모 세포를 이용하여 핵형 분석을 하면 염색체 수 이상에 의한 다운 증후군 여부를 확인할 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. Y 염색체에 의한 유전은 형질을 나타내는 유전자가 Y 염색체에 있는 유전이다. Y 염색체에 있는 유전자의 구성은 핵형 분석으로 알 수 없다.

**202** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**
자손에서 나타나는 피부색의 표현형 분포를 통해 피부색 유전의 특성을 알아야 한다.

**Step ❷ 자료 파악**

**Step ❸ 관련 개념 모으기**
❶ 사람의 피부색 유전에 1쌍의 대립 유전자만 관여하는가?
→ 사람의 피부색 유전에는 여러 쌍의 대립 유전자가 관여한다.
❷ 사람의 피부색 형질은 우성과 열성의 구분이 확실한가?
→ 사람의 피부색 형질은 우성과 열성의 구분이 확실하지 않고, 피부색이 다양하다.

**모범답안** 사람의 피부색 유전은 다인자 유전이며, 표현형이 다양하다.
**유사답안** 사람의 피부색 유전은 여러 쌍의 대립 유전자가 피부색 발현에 관여하는 다인자 유전이며, 표현형이 다양하다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 사람 피부색의 유전적 특성 2가지를 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 사람 피부색의 유전적 특성 1가지만 옳게 설명한 경우 | 3점 |

**203** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**
감수 분열 과정에서 일어나는 성염색체의 비분리에 대해 알아야 한다.

**Step ❷ 관련 개념 모으기**
❶ 감수 1분열에서 성염색체가 비분리되어 만들어진 정자의 성염색체 구성은?
→ 감수 1분열 과정에서 성염색체 XY가 비분리되면 성염색체 구성이 XY인 정자와 성염색체가 없는 정자가 형성된다.
❷ 감수 2분열에서 성염색체가 비분리되어 만들어진 정자의 성염색체 구성은?
→ 감수 2분열 과정에서 성염색체 X의 염색 분체가 비분리되면 성염색체 구성이 XX인 정자, Y인 정자, 성염색체가 없는 정자가 형성되고, 성염색체 Y의 염색 분체가 비분리되면 YY인 정자, X인 정자, 성염색체가 없는 정자가 형성된다.

**모범답안** 감수 2분열 과정에서 성염색체 X의 염색 분체가 비분리되면 (가)와 같이 성염색체 구성이 XX인 정자가 형성되고, 감수 1분열 과정에서 성염색체 XY가 비분리되면 (나)와 같이 성염색체 구성이 XY인 정자가 형성되기 때문이다.
**유사답안** (가)는 감수 2분열 과정에서 상동 염색체의 비분리가, (나)는 감수 1분열 과정에서 염색 분체의 비분리가 일어났기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| (가)와 (나)의 성염색체 구성이 다른 이유를 비분리가 일어난 시기와 연관 지어 옳게 설명한 경우 | 8점 |
| (가)와 (나)의 성염색체 구성이 다른 이유를 (가)와 (나) 중 1가지만 옳게 설명한 경우 | 4점 |

## 실전대비 II 평가문제

pp.62~65

| 평가기준 | 정답 |
|---|---|
| **평가기준 01** 염색체의 개념과 종류를 알고, 염색체는 매우 긴 DNA가 고도로 응축된 형태임을 설명할 수 있다. | **204** ④ |
| **평가기준 02** 대립 유전자는 상동 염색체의 동일한 위치에 있음을 알고, DNA, 염색체, 유전자의 관계를 종합적으로 설명할 수 있다. | **205** ② |
| **평가기준 03** 염색체의 변화 과정을 세포 주기의 각 단계와 연결시켜 설명할 수 있다. | **206** ⑤ |
| **평가기준 04** 다양한 사람의 핵형을 보고 염색체의 구조와 수의 이상을 추론해낼 수 있다. | **207** ③ |
| **평가기준 05** 자료를 보고 암세포와 일반 세포의 차이점을 설명할 수 있다. | **208** ③ |
| **평가기준 06** 감수 분열의 각 단계에서 염색체와 DNA양의 변화 과정을 알 수 있다. | **209** ③ |
| **평가기준 07** 현미경을 통한 감수 분열 관찰 과정을 이해하고, 감수 분열의 각 단계별로 순서에 맞게 설명할 수 있다. | **210** ⑤ |
| **평가기준 08** 멘델이 수행한 양성 잡종 교배 실험의 결과를 이용하여 독립의 법칙을 설명할 수 있다. | **211** ③ |
| **평가기준 09** 연관의 개념을 정확히 알고 있고, 교배 결과 자료를 분석하여 유전자 사이의 연관 관계를 설명할 수 있다. | **212** ④ |
| **평가기준 10** 염색체 모형을 이용하여 감수 분열의 전 과정과 염색체 비분리 현상을 설명할 수 있다. | **213** ⑤ |
| **평가기준 11** 많은 유전 형질이 다인자 유전임을 알고, 다인자 유전의 특징을 설명할 수 있다. | **214** ③ |
| **평가기준 12** 사람의 유전 현상을 이해하고 가계도를 해석하여 특정한 가계의 유전 양상이 주어졌을 때 이 설명을 바탕으로 가계도를 그리고, 자손의 유전자형과 표현형을 예측할 수 있다. | **215** ② |
| **평가기준 13** 유전자 치료가 사용되는 과학적 원리를 이해하고, 이를 바탕으로 유전자 치료의 윤리적 · 기술적 문제를 설명할 수 있다. | **216** ③ |
| **평가기준 14** 염색체의 수와 구조의 이상이 나타나는 메커니즘을 알고, 그 결과에 따라 표현형이 달라짐을 설명할 수 있다. | **217** ③ |
| **평가기준 15** 유전자에 돌연변이가 일어나면 단백질이 정상적으로 만들어지지 않아 표현형이 달라질 수 있음을 설명할 수 있다. | **218** ③ |
| **평가기준 16** 주어진 가계도를 분석하여 다음 세대의 형질을 예측할 수 있다. | **219** ⑤ |

**204** ㄴ. ㉠은 DNA가 히스톤 단백질을 감고 있는 구조물인 뉴클레오솜이며, 뉴클레오솜은 염색체나 염색사를 구성하는 기본 단위이다.

ㄷ. ㉡의 기본 단위는 뉴클레오타이드이며, 뉴클레오타이드는 당, 인산, 염기가 1 : 1 : 1로 결합되어 있는 물질이다.

[오답피하기] ㄱ. A와 B는 하나의 염색체를 이루는 염색 분체이다.

**205** ㄴ. 남자의 체세포에 있는 성염색체인 X 염색체와 Y 염색체는 크기와 모양이 다르다. 그러나 (가)와 (나)는 크기와 모양이 같으므로 상염색체이다.

[오답피하기] ㄱ. 대립 유전자는 상동 염색체의 같은 위치에 존재하므로 A의 대립 유전자는 b가 아니다.

ㄷ. (가)와 (나)는 상동 염색체이며, 하나는 모계, 다른 하나는 부계로부터 물려받은 것이다. 따라서 (가)의 염색 분체(㉠)는 (나)의 염색 분체(㉡)로부터 복제된 것이 아니다.

**206** ㄱ. ㉠ 시기는 유전 물질인 DNA가 복제되는 S기이므로, 이 시기에 핵 속의 DNA양이 2배로 증가한다.

ㄴ. ㉡ 시기는 분열기(M기)이며, B는 염색체가 세포의 중앙에 일렬로 배열되어 있으므로 분열기 중 중기의 세포임을 알 수 있다. 따라서 B(중기의 세포)는 ㉡ 시기(M기)에 해당하는 세포이다.

ㄷ. (나)에서 A는 핵막과 염색사가 있으므로 간기에 해당하는 세포이고, B는 핵막이 없고 염색체가 관찰되므로 분열기에 해당하는 세포이다. 세포 주기에서 소요되는 시간은 간기($G_1$기, S기, $G_2$기)가 분열기(M기)보다 길기 때문에 간기의 세포(A)가 분열기의 세포(B)보다 많이 관찰된다.

**207** ㄱ. (가)의 체세포에는 각각의 염색체가 쌍으로 존재하므로 핵상이 $2n$이다.

ㄴ. (가)와 (나)의 체세포에는 모두 남자에게만 있는 성염색체인 Y 염색체가 있으므로, (가)와 (나)는 모두 남자이다.

[오답피하기] ㄷ. (나)의 체세포에 있는 염색체의 구성이 $2n+1=44+XXY$이므로 클라인펠터 증후군이다. 터너 증후군은 성염색체가 X 염색체 1개만 있으므로 염색체의 구성이 $2n-1=44+X$이다.

**208** ㄷ. 세포를 배양했을 때 (가)는 한 층으로만 분열하므로 정상 상피 세포이고, (나)는 여러 층으로 분열하므로 암세포이다. 암세포(나)가 여러 층으로 분열하는 것은 세포 주기를 조절하는 기능을 상실하여 비정상적으로 분열을 반복하기 때문이다.

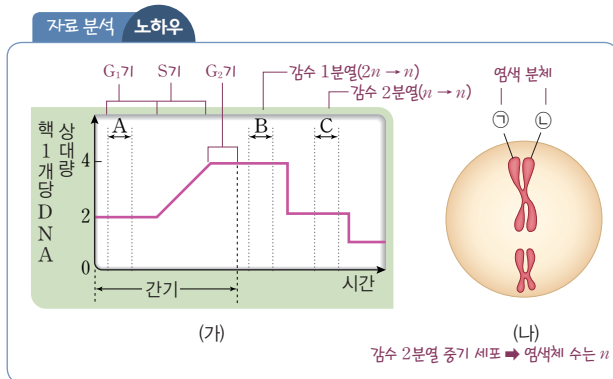
[오답피하기] ㄱ. 정상 상피 세포(가)는 주변 세포와 접촉하면 세포 분열이 억제되어 한 층으로만 분열한다.

ㄴ. 암세포(나)의 S기에서 DNA 복제가 일어나므로 $G_2$기의 핵 1개당 DNA양은 $G_1$기의 2배이다.

**209** ㄷ. A 시기는 세포 주기 중 $G_1$기이며, B 시기는 감수 1분열 과정 중이다. 감수 1분열을 끝내야 염색체 수가 반으로 줄어들기 때문에 A와 B 시기의 세포 1개당 염색체 수는 4개로 같다.

[오답피하기] ㄱ. (나)는 감수 2분열의 세포이므로 C 시기에서 관찰된다.

ㄴ. (나)의 세포는 염색체 수가 2개로 체세포의 절반이므로 감수 1분열을 끝내고 감수 2분열 중인 세포임을 알 수 있다. 감수 2분열에서 염색 분체인 ㉠과 ㉡이 분리되므로 감수 분열 결과 형성된 정자에는 ㉠과 ㉡이 함께 존재하지 않는다.

자료 분석 노하우

**210** ⑤ E 시기는 감수 2분열 후기이므로 염색 분체가 분리되어 세포의 양극으로 이동하며, 상동 염색체가 분리되어 세포의 양극으로 이동하는 시기는 감수 1분열 후기(A)이다.

[오답피하기] ① ㉠에서 에탄올과 아세트산이 3 : 1의 비율로 섞인 용액은 고정액으로, 고정액에 호밀의 어린 이삭을 담그는 것은 감수 분열이 진행되던 상태 그대로 세포 분열을 멈추게 하기 위한 것이다.

② ㉡에서 아세트산 카민 용액으로 염색하면 핵과 염색체를 뚜렷하게 관찰할 수 있다.

③ C 시기는 감수 1분열 중기이므로, C 시기의 세포에서는 2가 염색체가 세포의 중앙에 배열된 모습을 관찰할 수 있다.

④ 감수 분열 시기를 순서대로 나열하면 C(감수 1분열 중기) → A(감수 1분열 후기) → B(감수 2분열 중기) → E(감수 2분열 후기) → D(감수 2분열 말기) 순이다.

**211** ㄱ. 완두 (가)를 자가 수분시켜 얻은 자손($F_1$)에서 둥근 완두와 주름진 완두의 비율이 3 : 1이므로 완두 (가)의 모양 유전자형은 Rr임을 알 수 있고, 황색 완두와 녹색 완두의 비율이 약 3 : 1이므로 색깔 유전자형은 Yy임을 알 수 있다. 따라서 완두 (가)의 유전자형은 RrYy이고 표현형은 둥글고 황색이다.

ㄷ. 완두 (가)를 자가 수분시켜 얻은 자손($F_1$)의 표현형 비율이 둥글고 황색 : 둥글고 녹색 : 주름지고 황색 : 주름지고 녹색≒9 : 3 : 3 : 1이다. 이와 같은 교배 결과는 완두의 모양 유전자와 색깔 유전자가 서로 다른 염색체에 있어 멘델의 독립의 법칙을 따르기 때문이다.

[오답피하기] ㄴ. 완두 (나)를 자가 수분시켜 얻은 자손($F_1$)에서 주름진 완두는 나타나지 않았으므로 완두 (나)의 모양 유전자형은 RR이고, 황색 완두와 녹색 완두가 약 3 : 1의 비로 나타났으므로 색깔 유전자형은 Yy임을 알 수 있다. 따라서 완두 (나)는 주름진 모양 유전자 r를 가지고 있지 않다.

**212** ㄴ. 검정 교배하여 얻은 자손($F_1$)의 표현형 비는 (가)의 생식 세포의 비와 같다. 즉, 자손($F_1$)에서 A_B_와 aabb가 1 : 1의 비로 나타났으므로 (가)의 생식 세포의 비는 AB와 ab가 1 : 1이다. 따라서 (가)의 유전자형은 AaBb이다.

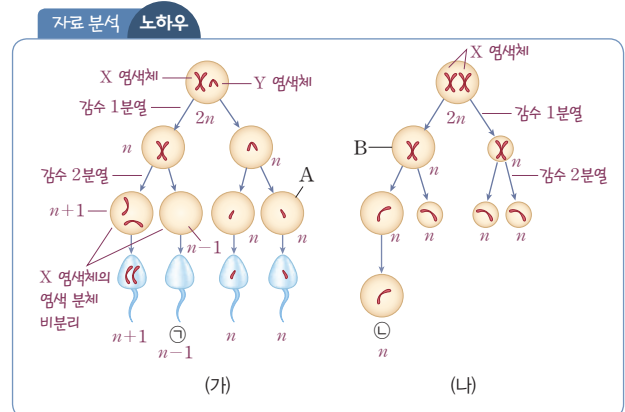
ㄷ. (가)의 생식 세포는 AB와 ab이므로 (가)를 자가 수분시켜 얻은 자손의 유전자형은 AABB, AaBb, AaBb, aabb이다. 따라서 자손의 표현형으로 가능한 것은 2가지(A_B_, aabb)이다.

[오답피하기] ㄱ. (가)의 생식 세포 중 Ab와 aB가 없는 것을 통해 (가)에서 A와 B는 하나의 염색체에 존재함을 알 수 있다.

**213** ㄱ. (가)에서 A는 감수 2분열을 끝낸 세포이고, (나)에서 B는 감수 1분열을 끝낸 세포이다. 감수 1분열에서 염색체 수가 반으로 줄어들고, 감수 2분열에서는 염색체 수에 변화가 없으므로 A와 B는 모두 핵상이 $n$으로 서로 같다.

ㄴ. (가)에서 만들어진 정자 중 2개에서만 염색체 이상이 있으므로 감수 2분열에서 염색 분체의 비분리가 일어났음을 알 수 있다.

ㄷ. 정자 ㉠은 성염색체가 없는 정자이고, 난자 ㉡에는 성염색체 X가 있으므로 ㉠과 ㉡이 수정하면 터너 증후군인 아이가 태어나게 된다.

자료 분석 노하우

오개념 피하는 노하우

■ **염색체 비분리**
난자 형성 과정 중 감수 1분열 시 X 염색체의 상동 염색체에서 비분리가 일어나면 유전자 구성이 다른 X 염색체가 함께 난자에 존재하지만, 감수 2분열 시 X 염색체의 염색 분체에서 비분리가 일어나면 유전자 구성이 같은 X 염색체가 함께 난자에 존재하게 된다.

**214** ㄱ. 미맹은 단일 인자 유전 형질로, 1쌍의 대립 유전자의 구성에 따라 대립 형질이 명확하게 구분된다. 즉, PTC 용액에 대해 쓴맛을 느끼지 못하는 경우(미맹)는 열성, 쓴맛을 느끼는 경우는 우성이다.

ㄴ. 키는 여러 쌍의 대립 유전자가 관여하는 다인자 유전 형질로, 대립 형질이 뚜렷하게 구별되지 않아 연속적인 형질 분포를 나타낸다. 키와 같은 다인자 유전 형질은 환경의 영향을 받으나, ABO식 혈액형은 단일 인자 유전 중 복대립 유전이므로 환경의 영향을 받지 않는다.

[오답피하기] ㄷ. ABO식 혈액형의 표현형은 3가지의 대립 유전자가 관여하며, 1쌍의 대립 유전자에 의해 결정된다.

**215** ㄷ. 정상인 1의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA이므로 딸 3은 반드시 1로부터 대립 유전자 A를 물려받았다. 그런데 3은 유전병 ㉠이므로 A는 정상 대립 유전자, A*는 유전병 ㉠ 대립 유전자이며, 3의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA*이다. 유전병 ㉠의 유전자형이 AA*이면 유전병 ㉠이므로 대립 유전자 A*는 A에 대해 우성이다. 2가 유전병 ㉠이려면 A*를 가지고 있어야 하며, (나)에서 2는 유전자 A를 가지고 있으므로 2의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA*이며, 이를 통해 유전병 ㉠은 상염색체에 의한 유전임을 알 수 있다.

1의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA, 2의 유전병 ㉠ 유전자형은 AA*이며, 이들 사이에 태어난 자녀가 가질 수 있는 유전병 ㉠ 유전자형은 AA, AA*이다. 따라서 유전병 ㉠인 아이(AA*)가 태어날 확률은 $\frac{1}{2}$이다. 적록 색맹 유전에서 정상 유전자를 B, 적록 색맹 유전자를 b라고 한다면 1에게는 적록 색맹인 아들(4)이 있으므로 1의 적록 색맹 유전자형은 $X^BX^b$이며, 2의 적록 색맹 유전자형은 $X^bY$이다. 이들 사이에 태어난 자녀가 가질 수 있는 적록 색맹 유전자형은 $X^BX^b$, $X^bX^b$, $X^BY$, $X^bY$이다. 따라서 적록 색맹인 아들($X^bY$)이 태어날 확률은 $\frac{1}{4}$이다. 결론적으로 4의 동생이 유전병 ㉠이고 적록 색맹인 아들일 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{4}\times100=12.5$ %이다.

[오답피하기] ㄱ. 대립 유전자 A는 A*에 대해 열성이다.
ㄴ. 유전병 ㉠은 상염색체에 의한 유전을, 적록 색맹은 반성 유전을 하므로 3의 X 염색체에는 적록 색맹 유전자만 있고, A*는 상염색체에 있다.

**216** ㄱ. 정상 유전자를 바이러스 DNA에 끼워 넣어 만든 ㉠을 골수 세포에 감염시키면 정상 유전자가 골수 세포의 염색체에 삽입된다. 따라서 ㉠은 정상 유전자의 운반체 역할을 한다.
ㄴ. 정상 유전자가 삽입된 ㉡을 대량으로 배양한 다음 배양한 세포를 환자의 골수에 넣어야 한다. 이때 ㉡이 환자의 몸에서 얻은 것이 아니라 다른 사람의 몸에서 얻은 것이면 면역 거부 반응이 일어난다. 따라서 ㉡은 환자 A의 골수에서 얻은 것이다.

[오답피하기] ㄷ. 정상 유전자가 삽입된 골수 세포는 체세포이며, 자녀는 생식 세포의 수정으로 태어난다. 따라서 정상 유전자가 발현되어 유전병 증상이 치료되어도 환자 A의 생식 세포에는 정상 유전자가 없으므로 자녀에게 정상 유전자를 물려줄 수 없다.

**217** ㄱ. (나)에서 유전자 C, D와 g의 위치가 서로 바뀌어 있는 것은 전좌가 일어났기 때문이다.
ㄷ. (라)에서 유전자 B가 1개 더 있는 것은 중복이 일어났기 때문이다.

[오답피하기] ㄴ. (다)에는 유전자 E, F, G가 있는 염색체가 1개, 유전자 E, F, g가 있는 염색체가 1개 있다. 이것은 감수 1분열에서 상동 염색체 쌍인 유전자 E, F, G가 있는 염색체와 E, F, g가 있는 염색체가 비분리되었기 때문이다. 만약 감수 2분열에서 비분리가 일어나 형성된 것이라면 염색 분체의 비분리에 의한 것이므로 유전자 E, F, G가 있는 염색체가 2개 있거나 E, F, g가 있는 염색체가 2개 있어야 한다.

**218** ㄷ. 유전 질환 (나)에서 효소 A에 이상이 생긴 것은 효소 A의 유전자에 돌연변이가 생겼기 때문으로 유전 질환 (나)는 유전자 돌연변이이다.

[오답피하기] ㄱ. 유전 질환 (가)는 단백질 합성과 관련된 유전자의 염기 서열에 이상이 생겨 나타나는 유전자 돌연변이이다. 유전자 돌연변이는 DNA의 염기 서열에 이상이 있는 것이며, 염색체의 구조나 수에는 영향을 주지 않는다. 따라서 (가)를 갖는 사람의 염색체 수는 정상인과 같다.
ㄴ. 유전자 돌연변이는 염색체의 구조나 수에는 영향을 주지 않기 때문에 핵형 분석을 통해 확인할 수 없다.

**219** ㄴ. 정상인 부모에서 유전병인 아들과 딸이 태어났으므로 유전병은 정상에 대해 열성 형질이며, 상염색체에 의한 유전이다. 이 가계도에서 영희 어머니와 이모는 모두 외할아버지로부터 유전병 유전자를 물려받았으므로 유전병 유전자형은 이형 접합이다. 영희 외할머니는 외삼촌에게 유전병 유전자를 물려주었으므로 유전병 유전자형은 이형 접합이다. 따라서 이 가계도에서 정상 여자(영희 외할머니, 어머니, 이모)는 모두 유전병 유전자형이 이형 접합이다.
ㄷ. 정상 유전자를 A, 유전병 유전자를 a라고 한다면 정상 남자의 유전병 유전자형은 AA 또는 Aa이고 영희의 유전병 유전자형은 aa이다. 정상 남자의 유전병 유전자형이 AA인 경우에는 유전병인 아이가 태어날 확률은 0이고, Aa인 경우에는 유전병 아이가 태어날 확률은 $\frac{1}{2}$이다. 따라서 영희가 정상 남자와 결혼하여 낳은 아이가 유전병인 아들일 확률은 $\frac{1}{2}\times\frac{1}{2}=\frac{1}{4}$이다.

[오답피하기] ㄱ. 만약 유전병을 결정하는 대립 유전자가 X 염색체에 존재한다면 우성 형질인 정상 아버지에게서 열성 형질인 유전병 딸이 태어날 수 없다. 따라서 유전병을 결정하는 대립 유전자는 상염색체에 존재한다.

# III 항상성과 건강

## 07 생명 활동과 에너지

핵심 문제로 개념 마무리 p.67

**1** (1) ATP, 열에너지 (2) 분압, 확산 (3) 영양소, 산소 **2** (1) ㄹ (2) ㄷ (3) ㄴ

**1** (1) 세포 호흡으로 생성된 에너지의 약 40 %는 ATP로 전환되고, 나머지 약 60 %는 열에너지로 방출된다.
(2) 기체 교환의 원리는 기체의 분압 차에 따른 확산이다.
(3) 체내로 흡수된 영양소와 산소는 순환계를 통해 온몸으로 이동한다.

**2** (1) 물질대사 중 동화 작용은 저분자 물질을 고분자 물질로 합성하는 반응이며, 이화 작용은 고분자 물질을 저분자 물질로 분해하는 반응이다.
(2) 세포 호흡은 미토콘드리아에서 유기물이 산화되면서 생물체가 살아가는 데 필요한 에너지가 발생되는 과정이다.
(3) 질소성 노폐물인 암모니아는 독성이 강하므로 간에서 독성이 약한 요소로 전환된 후 콩팥을 통해 배설된다.

### 내신분석 기출문제 pp.68~72

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 220 ① | 221 ③ | 222 미토콘드리아 | 223 ⑤ | 224 ⑤ | 225 ① | 226 ④ |
| 227 ① | 228 ③ | 229 ④ | 230 ④ | 231 ① | 232 ⑤ | 233 해설 참조 |
| 234 ③ | 235 ⑤ | 236 ④ | 237 (가) B, (나) H | 238 ① | 239 ⑤ | 240 ⑤ |
| 241 ② | 242 ⑤ | | | | | |

**220** A는 고분자 물질을 저분자 물질로 분해하는 이화 작용, B는 저분자 물질을 고분자 물질로 합성하는 동화 작용이다.
ㄱ. 물질대사는 반드시 에너지 출입이 수반되므로 에너지 대사라고도 한다.
[오답피하기] ㄴ. 동화 작용(B)은 저분자 물질을 고분자 물질로 합성하는 반응이며, 식물과 동물에서 모두 일어난다.
ㄷ. 생물체 내에서 일어나는 모든 화학 반응에는 효소가 관여하므로 이화 작용(A)과 동화 작용(B) 모두 효소가 필요하다.

**221** ㄱ. 복잡하고 큰 분자인 포도당이 간단하고 작은 분자인 이산화 탄소와 물로 분해되는 과정이므로 이화 작용에 해당한다.
ㄴ. 포도당이 산화 반응을 통해 분해되어 생활 에너지로 쓰이는 ATP를 생성하는 과정이다.
[오답피하기] ㄷ. 포도당이 가지고 있는 에너지는 이화 작용 결과 ATP와 열에너지로 전환되므로 ATP로 전환된 에너지양보다 포도당이 가지고 있는 에너지양이 더 많다.

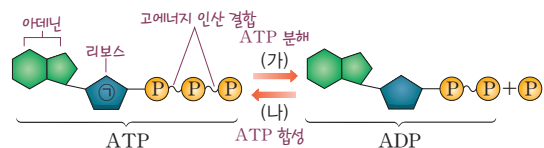
**222** 세포 호흡은 영양소를 분해하여 세포의 생명 활동에 필요한 에너지(ATP)를 얻는 과정이다. 세포 호흡은 세포질에서도 일부 과정이 진행되지만 미토콘드리아에서 주로 일어난다.

**223** ㄴ. (가)는 이산화 탄소와 물을 이용해 포도당을 합성하는 과정인 광합성이다. 광합성(가)은 엽록체에서 일어난다.
ㄷ. (나)는 포도당과 산소를 이용해 ATP를 합성하는 과정인 세포 호흡이다. 세포 호흡(나)은 식물과 동물에서 모두 일어난다.
[오답피하기] ㄱ. 포도당으로부터 발생한 에너지의 일부는 ATP에 저장되고 나머지는 열에너지로 방출된다. 그러므로 포도당의 에너지가 모두 ATP에 저장되는 것은 아니다.

**224** (가)는 광합성, (나)는 세포 호흡이다.
ㄱ. 광합성(가)은 빛에너지를 흡수하는 흡열 반응이고, 세포 호흡(나)은 에너지를 방출하는 발열 반응이다.
ㄴ. 식물은 광합성(가) 과정을 통해 빛에너지를 유기물 속의 화학 에너지로 저장한다.
ㄷ. ATP가 ADP로 분해되면서 방출되는 에너지는 생활 에너지로 이용되고, ADP는 ATP를 재합성하는 데 이용된다.

**225** ㄱ. (가)는 ATP가 ADP와 인산으로 분해되는 반응으로, 에너지가 방출되는 이화 작용이다. 이때 방출된 에너지는 생명 활동에 이용된다.
[오답피하기] ㄴ. ATP에 저장된 에너지는 물질 합성, 근육 운동, 물질 운반뿐만 아니라 전기를 일으키는 발전, 빛을 내는 발광에도 이용된다. 반딧불이의 빛은 ATP의 분해로 생성된 에너지를 이용하여 나타나는 현상이다.
ㄷ. 세포 호흡에서 생성된 에너지의 약 40 %는 ATP에 저장되어 생활 에너지로 이용되고, 나머지 약 60 %는 열에너지로 방출된다.

**226** (가)는 ATP 분해, (나)는 ATP 합성 과정이다.
ㄱ. ㉠은 ATP와 ADP의 당으로 리보스이다.
ㄴ. ATP의 고에너지 인산 결합이 끊어지면서 약 7.3 kcal/몰의 높은 에너지를 내며, 이 에너지는 생활 에너지로 쓰인다.
[오답피하기] ㄷ. 아미노산이 단백질로 합성될 때는 ATP의 화학 에너지를 사용하므로 ATP의 분해(가)가 촉진된다.

자료 분석 노하우

- ATP = 아데노신(아데닌 + 리보스) + 3개의 인산
- ATP가 ADP로 분해될 때 방출되는 에너지를 여러 가지 생명 활동에 이용한다.

**227** ① 하루에 필요한 에너지양인 1일 대사량은 기초 대사량과 활동 대사량을 합한 값이다.

[오답피하기] ② 운동 강도가 강하고 운동 시간이 길수록 에너지 소모량은 증가한다.
③ 근육 조직이 많을수록 기초 대사량이 증가하므로 규칙적인 운동을 통해 근육이 발달하면 기초 대사량이 증가한다.
④ 숨쉬기, 심장 박동, 체온 유지 등 생명 유지에 필요한 최소한의 에너지양을 기초 대사량이라고 한다.
⑤ 섭취한 만큼 에너지를 소비하지 않으면 체지방이 증가하여 비만이 될 수 있다.

**228** ㄱ. 연소(가)와 세포 호흡(나)은 일어나는 장소는 다르지만 포도당이 완전히 분해되어 최종 분해 산물인 $CO_2$와 $H_2O$가 생성되는 것은 같다.
ㄷ. 연소(가)와 세포 호흡(나)은 모두 산소가 필요한 산화 반응이며, 에너지가 방출되는 발열 반응이라는 공통점을 가지고 있다.

[오답피하기] ㄴ. 연소(가)는 400 ℃ 이상의 고온에서 일어나고, 반응이 한 번에 빠르게 진행된다. 세포 호흡(나)은 낮은 온도에서 단계적으로 진행되므로 반응 속도가 느리다.

**229** ㄴ. 산소 호흡(가)과 무산소 호흡(나)은 모두 생물체 내에서 일어나는 반응이므로 효소가 관여한다.
ㄷ. 산소 호흡(가)은 포도당이 완전히 분해되므로 ATP 생성량이 많고, 무산소 호흡(나)은 포도당이 불완전 분해되므로 ATP 생성량이 적다.

[오답피하기] ㄱ. 산소 호흡(가)과 무산소 호흡(나)은 모두 생물체 내에서 일어나는 반응이므로 37 ℃ 정도의 낮은 온도에서 일어난다.

**230** ㄴ. 세포 호흡에 의해 포도당과 같은 유기물이 산화되면 무기물과 에너지(ATP와 열에너지)가 생성된다. ATP는 생명 활동에 쓰이므로 (가)는 ATP이고, 열에너지는 외부 환경으로 방출되므로 (나)는 열에너지이다.
ㄷ. 활동에 필요한 에너지보다 더 많은 에너지를 섭취할 경우, 체내에 체지방의 축적량이 증가하므로 비만이 될 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 음식의 유기물이 소화와 흡수 과정을 거쳐 세포 내로 유입된 후 미토콘드리아에서 세포 호흡에 쓰이며, 이 과정에서 생성된 ATP(가)는 각종 생명 활동에 쓰이게 된다. ATP(가)를 사용하는 과정 중 물질의 합성 과정은 세포에서 효소를 이용하여 여러 가지 물질을 합성하는 과정으로 물질대사의 동화 작용에 해당한다.

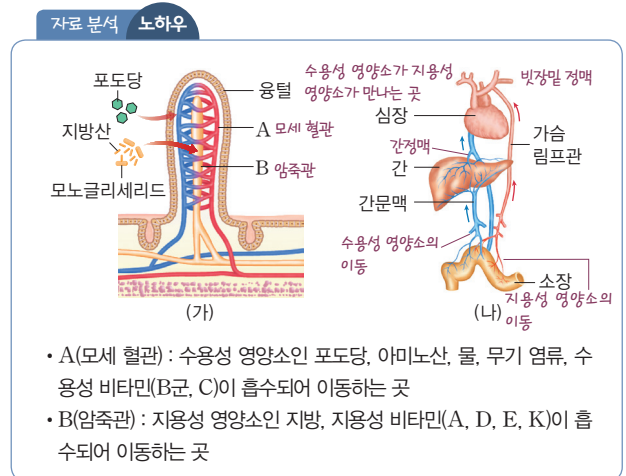
**231** (가)는 기계적 소화, (나)는 화학적 소화이다.
① 기계적 소화(가)에는 효소가 작용하지 않는다.

[오답피하기] ② 기계적 소화(가)는 소화 기관의 물리적인 운동에 의해 음식물을 잘게 부수어 표면적을 넓혀 소화 효소가 잘 작용하도록 한다. 이 과정이 일어나도 영양소의 화학적 성분은 변하지 않는다.
③ 밥보다 죽에 들어 있는 알갱이가 작아 소화 효소가 작용할 수 있는 표면적이 넓기 때문에 밥보다 죽이 소화가 잘 된다.
④, ⑤ 화학적 소화(나)는 소화 효소에 의해 고분자 물질이 저분자 물질로 분해되는 과정이다. 소화 효소는 온도와 pH 등의 영향을 받는다.

자료 분석 노하우

**232** ㄱ. A는 수용성 영양소인 포도당과 아미노산이 흡수되어 이동하는 모세 혈관이고, B는 재합성된 지방이 이동하는 암죽관이다.
ㄴ. 지용성 영양소는 림프관, 가슴 림프관, 빗장밑 정맥을 거쳐 심장으로 이동하고, 수용성 영양소는 간문맥, 간, 간정맥을 거쳐 심장으로 이동하므로 두 영양소는 심장에서 만난다.
ㄷ. 섭취한 지방은 소장에서 지방산과 모노글리세리드로 분해된 후 융털의 상피 세포로 흡수되고, 이곳에서 다시 지방으로 합성된 후 암죽관으로 이동한다.

자료 분석 노하우

- A(모세 혈관) : 수용성 영양소인 포도당, 아미노산, 물, 무기 염류, 수용성 비타민(B군, C)이 흡수되어 이동하는 곳
- B(암죽관) : 지용성 영양소인 지방, 지용성 비타민(A, D, E, K)이 흡수되어 이동하는 곳

**233** 소장에서 소화가 완료된 영양소는 소장의 융털로 흡수된다. 이때 지용성 영양소인 지방산과 모노글리세리드는 융털 상피 세포에서 지방으로 합성된 후 암죽관(가)으로, 수용성 영양소인 포도당과 아미노산은 모세 혈관(나)으로 이동한다. A는 폐를 통해 방출되는 이산화 탄소, B는 콩팥에서 오줌, 폐에서 수증기의 형태로 나가는 물, C는 요소이다. 독성이 강한 암모니아는 간에서 독성이 약한 요소(C)로 전환된다.

모범답안 (가) 암죽관, (나) 모세 혈관, A : 이산화 탄소, B : 물, C : 요소, 암모니아는 독성이 강하기 때문에 간에서 독성이 약한 요소(C)로 전환된다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| (가)와 (나) 및 A, B, C의 명칭을 쓰고, 암모니아가 C로 전환되는 이유를 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 암모니아가 C로 전환되는 이유만 옳게 설명한 경우 | 3점 |
| (가)와 (나) 및 A, B, C의 명칭만 옳게 쓴 경우 | 2점 |

**234** (가)는 여과, (나)는 재흡수, (다)는 분비이다.
ㄷ. 건강한 사람은 포도당이 여과(가)된 후 모두 재흡수(나)되며, 분비(다)는 일어나지 않는다.
[오답피하기] ㄱ. 여과(가)는 혈액이 사구체를 지나는 동안 압력 차에 의해 혈장 성분의 일부가 보먼주머니로 이동하는 현상이다. 재흡수(나)는 원뇨가 세뇨관과 집합관을 지나는 동안 일부 물질이 모세 혈관으로 다시 이동하는 현상이다. 분비(다)는 사구체를 지난 혈액에 들어 있는 노폐물이 능동 수송에 의해 모세 혈관에서 세뇨관으로 이동하는 현상이다.
ㄴ. 요소는 사구체에서 보먼주머니로 여과(가)된 후 일부가 모세 혈관(B)으로 확산되지만 물보다 재흡수율이 낮아 오줌에서 농축된다. 그러므로 요소의 농도가 가장 높은 곳은 D이다.

**235** ㄱ. A는 폐포에서 모세 혈관으로 이동하는 기체이므로 $O_2$이고, B는 모세 혈관에서 폐포로 이동하는 기체이므로 $CO_2$이다.
ㄴ. 조직 세포에서는 동맥혈로부터 얻은 $O_2$를 이용하여 세포 호흡을 하며, 이때 생긴 $CO_2$로 인해 $CO_2$ 분압이 높아진다.
ㄷ. 기체 교환은 기체의 분압 차에 따른 확산에 의해 일어나며, 이때 에너지를 사용하지 않는다.

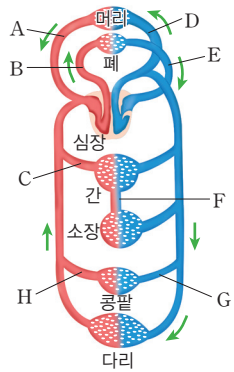
**236** 기체 교환은 기체의 분압 차에 따른 확산에 의해 이동한다. $O_2$는 대기 → 폐포 → 모세 혈관 → 조직 세포로 이동하며, $CO_2$는 조직 세포 → 모세 혈관 → 폐포 → 대기로 이동한다.
④ $CO_2$ 분압은 정맥혈이 폐포보다 높기 때문에 $CO_2$가 혈액에서 폐포로 이동한다.

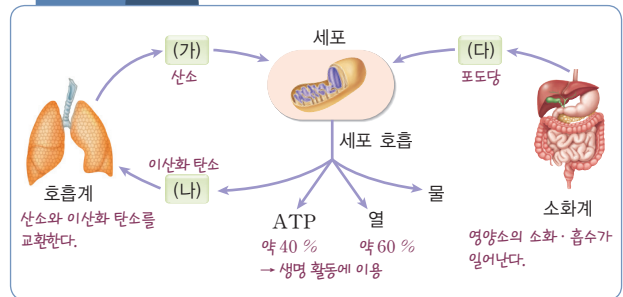
**237** 폐로 가기 전인 폐동맥(B)에 $CO_2$가 가장 많은 혈액이 흐른다. 그 후 폐에서 $O_2$를 받고 $CO_2$를 내보내면 폐정맥(E)에 $CO_2$가 가장 적은 혈액이 흐른다.
요소는 질소성 노폐물인 암모니아가 간에서 전환된 후 콩팥을 통해 배설되는 노폐물이다. 그러므로 콩팥 동맥(G)을 통해 이동한 요소는 콩팥을 거치면서 일부가 오줌으로 배설되므로 요소의 농도는 콩팥 정맥(H)에서 가장 낮다.

**238** ㄱ. 폐동맥(B)은 폐로 들어가는 혈관이며, 이산화 탄소가 많은 정맥혈이 흐른다. 폐정맥(E)은 폐에서 나가는 혈관이며, 산소가 많은 동맥혈이 흐른다.
[오답피하기] ㄴ. 폐순환은 심장에서 나온 혈액이 폐를 거쳐 다시 심장으로 돌아오는 경로이므로 폐동맥(B)과 폐정맥(E)이 폐순환 경로에 속한다.
ㄷ. 식사를 하면 소장에서 포도당이 흡수되므로 간문맥(F)은 공복일 때와 식사 직후의 혈당량 차가 크지만, 간정맥(C)은 간에서 인슐린과 글루카곤에 의해 혈당량이 조절된 후의 혈액이 흐르므로 혈당량의 변화가 간문맥(F)보다 작다.

자료 분석 노하우

- A는 머리를 거쳐온 혈액이 흐르는 곳이므로 $CO_2$가 많은 정맥혈이 흐른다.
- B는 폐동맥으로, $CO_2$가 많은 정맥혈이 흐른다.
- C는 간정맥이며, 간에서 혈당량이 조절된 후의 혈액이 흐른다.
- D는 심장에서 나와 머리에 산소와 영양소를 공급하는 동맥혈이 흐른다.
- E는 폐정맥으로, 폐에서 $O_2$를 공급받은 혈액이 흐르므로 $O_2$가 많은 동맥혈이 흐른다.

- F는 간문맥이며, 식사 후 소장으로 흡수된 포도당이 이동하므로 혈당량이 높은 혈액이 흐른다.
- G는 콩팥 동맥이며, 콩팥에서 요소가 배설되기 전이므로 요소의 농도가 높은 혈액이 흐른다.
- H는 콩팥 정맥이며, 콩팥에서 노폐물을 거른 깨끗한 혈액이 흐른다.

**239** (가)는 산소, (나)는 이산화 탄소, (다)는 포도당이다.
ㄱ. 생물은 ATP가 ADP와 인산으로 분해될 때 발생하는 에너지를 생명 활동에 이용한다.
ㄴ. 심한 운동을 하면 에너지 요구량이 증가하므로 세포 호흡량도 증가하게 된다. 그러므로 단위 시간당 체외로 방출되는 이산화 탄소(나)의 양이 운동 전보다 증가한다.
ㄷ. (다)는 포도당이며, 혈당량이 높아지면 인슐린이 분비되어 혈당량을 낮추게 된다.

자료 분석 노하우

**240** (가)는 소화계, (나)는 호흡계, (다)는 배설계이다.
ㄱ. 소화계(가)는 음식물에 들어 있는 고분자 영양소를 세포가 이용할 수 있는 저분자 영양소로 분해하여 소장의 융털로 흡수한다. 소화계(가)에서 일부 흡수되지 않은 물질은 대변의 형태로 내보내고, 소화계(가)에서 흡수된 영양소는 순환계를 통해 조직 세포로 이동한다.
ㄴ. 호흡계(나)는 세포 호흡에 필요한 산소를 받아들이고, 세포 호흡 결과 발생한 이산화 탄소를 내보낸다.
ㄷ. 기관계는 각각 여러 기관들로 구성되어 있고, 각 기관은 여러 조직으로, 조직은 많은 세포로 구성되어 있다. 단백질 합성

과 같은 동화 작용과 세포 호흡이나 리소좀의 가수 분해 효소에 의한 분해 작용과 같은 이화 작용은 모든 세포에서 일어난다.

**241** A는 소화계, B는 폐, C는 심장, D는 배설계이다.
ㄷ. 물질대사 결과 생성된 이산화 탄소와 질소성 노폐물은 심장(C)과 혈관을 통해 이동하여 체외로 방출된다. 이산화 탄소는 폐(B)를 통해 방출되며, 질소성 노폐물은 대부분 배설계(D)를 통해 배설된다.
[오답피하기] ㄱ. 영양소인 탄수화물, 지방, 단백질 등은 소화계(A)에서 소화되어 체내로 흡수된다. 이산화 탄소와 물은 영양소가 소화계(A)를 거치면 생성되는 것이 아니라 세포 호흡을 통해서 영양소가 분해되었을 때 생성되는 것이다.
ㄴ. 배설계(D)는 요소를 배설하는 곳이며, 요소를 생성하는 곳이 아니다. 독성이 강한 암모니아를 독성이 약한 요소로 전환하는 곳은 해독 작용을 하는 간이다. 간은 소화계(A)에 속하는 기관이다.

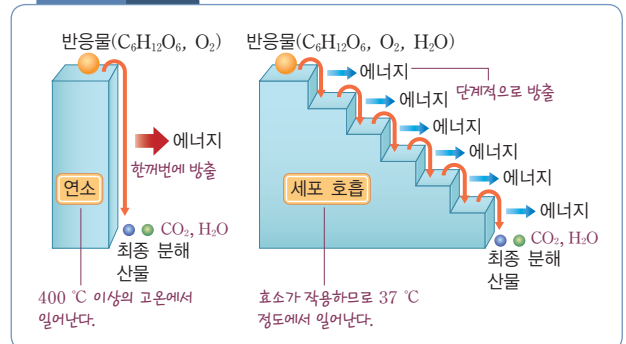
**242** (가)는 소화계, (나)는 순환계, (다)는 배설계이다.
ㄱ. 소화계(가)는 영양소와 물을 흡수하여 순환계로 보내며, 간은 소화계(가)에 속하는 기관이다.
ㄴ. 순환계(나)는 세포에 필요한 물질을 공급해 주고, 세포 호흡 결과 발생한 이산화 탄소와 질소성 노폐물을 각각 호흡계와 배설계(다)로 운반하는 역할을 한다.
ㄷ. 배설계(다)는 콩팥에서 물의 배설과 재흡수를 통해 체내 삼투압을 조절하므로 체내 항상성 유지에 관여한다.

오개념 피하는 노하우

■ **기관계의 구성**
기관계는 사람의 몸에서 비슷한 기능을 하는 여러 기관이 모여 이루어진 것이다.

| 기관계 | 기관 |
|---|---|
| 소화계 | 입, 식도, 위, 소장, 대장, 간, 이자 |
| 순환계 | 심장, 혈관 |
| 호흡계 | 기관, 기관지, 폐 |
| 배설계 | 콩팥, 오줌관, 방광 |
| 감각계 | 눈, 코, 귀, 혀, 피부 |
| 신경계 | 뇌, 척수 |
| 생식계 | 정소, 난소, 수정관, 수란관, 자궁 |
| 내분비계 | 뇌하수체, 갑상샘, 부신, 생식샘 |
| 면역계 | 골수, 가슴샘 |

**243** ㄱ. 연소는 체외에서 일어나며 효소가 관여하지 않으므로 400 ℃ 이상의 높은 온도에서 일어난다. 반면 세포 호흡은 체내에서 일어나며 연소보다 낮은 온도인 37 ℃ 정도에서 일어난다.
ㄴ. 연소와 세포 호흡으로 생성되는 에너지의 형태는 다르지만, 산소가 소비되고 이산화 탄소와 물이 생성되는 것은 같다.
[오답피하기] ㄷ. 연소에 의해 포도당의 화학 에너지가 빛에너지와 열에너지로 전환되고, 세포 호흡에 의해 포도당의 화학 에너지가 화학 에너지인 ATP와 열에너지로 전환되므로 연소와 세포 호흡에 의해 방출되는 에너지의 형태는 일부 다르다.

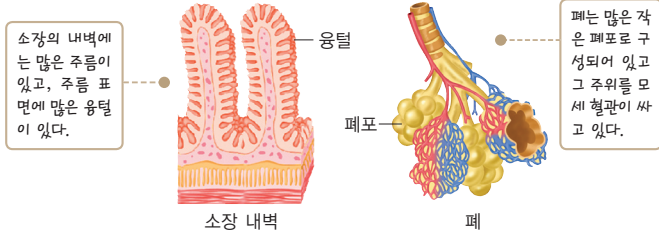
자료 분석 노하우

**244** A는 순환계, B는 소화계, C는 호흡계, D는 배설계이다.
ㄱ. 소화계(B)에서 흡수된 영양소와 호흡계(C)에서 흡수된 산소는 순환계(A)를 통해 운반된다.
ㄴ. 배설계(D)에서는 질소성 노폐물인 요소가 배설된다.
ㄷ. 소장(㉠)의 운동을 조절하는 신경은 자율 신경이며, 자율 신경인 교감 신경과 부교감 신경 모두 신경절 이전 뉴런 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

**245** ⑤ 폐동맥은 폐로 들어가는 혈액이 흐르는 혈관이므로 혈액 내 이산화 탄소의 농도가 높고, 산소의 농도가 낮다. 폐정맥은 폐를 거친 혈액이 흐르는 혈관이므로 혈액 내 이산화 탄소의 농도가 낮고, 산소의 농도가 높다.
[오답피하기] ① A는 온몸의 조직 세포에서 심장으로 들어가는 혈관이므로 대정맥, B는 심장에서 온몸의 조직 세포로 나가는 혈관이므로 대동맥이다.
② ㉠은 조직 세포를 거친 혈액이 심장으로 들어오는 곳이므로 우심방이고, ㉡은 우심실이다.
③ (가)는 좌심실에서 떠난 혈액이 온몸의 조직 세포를 거쳐 우심방으로 들어오는 경로이므로 체순환이다. (나)는 우심실에서 떠난 혈액이 폐를 거쳐 좌심방으로 들어오는 경로이므로 폐순환이다.
④ 혈액 순환의 원동력은 심장근의 수축과 이완이다.

**246** 서술형 해결전략

**Step 1 문제 포인트 파악**
소장의 내벽에는 많은 주름과 융털이 있고, 폐에는 많은 폐포가 모여 있다. 이들을 펼치면 표면적이 넓어진다는 공통적인 특징이 있음을 알아야 한다.

### Step ❷ 자료 파악

### Step ❸ 관련 개념 모으기

**❶ 소장 내벽에 있는 융털의 역할은?**

→ 영양소와 접촉하는 면적을 크게 증가시켜 영양소를 효율적으로 흡수할 수 있도록 한다.

**❷ 폐포의 역할은?**

→ 모세 혈관과 접해 있으면서 조직 세포로부터 전해온 노폐물인 이산화 탄소를 받고, 산소를 공급한다.

**모범답안** 소장 내벽의 융털로 인해 표면적이 증가되어 영양소가 효율적으로 흡수되고, 폐의 폐포로 인해 표면적이 증가되어 기체 교환이 효율적으로 이루어진다.

**유사답안** 소장의 내벽에는 많은 융털이 있어 영양소와 접촉하는 면적을 넓힐 수 있고, 폐에는 많은 폐포가 있어 모세 혈관과 폐포 사이의 산소와 이산화 탄소의 교환 면적을 넓힐 수 있다. 즉, 이와 같은 구조는 표면적을 넓혀 높은 효율을 얻을 수 있다.

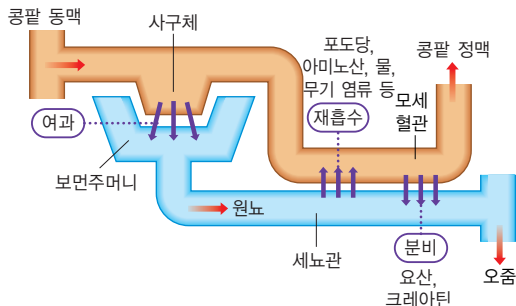
| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 소장 내벽의 융털과 폐의 폐포의 특징 및 기능을 모두 옳게 설명한 경우 | 10점 |
| 융털과 폐포의 기능적 특징만을 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 융털과 폐포의 구조적 특징만을 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 융털이나 폐포 중 한 가지의 기능적 특징과 구조적 특징을 옳게 설명한 경우 | 3점 |

## 247 서술형 해결전략

### Step ❶ 문제 포인트 파악

콩팥을 구성하는 기본 단위인 네프론과 콩팥에서 여과, 재흡수, 분비 과정을 통해 오줌이 생성되는 원리를 알아야 한다.

### Step ❷ 자료 파악

### Step ❸ 관련 개념 모으기

**❶ 콩팥의 기본 단위인 네프론을 구성하는 것은?**

→ 네프론은 사구체, 보먼주머니, 세뇨관으로 구성된다.

**❷ 원뇨가 세뇨관을 따라 이동하는 동안 모두 재흡수되는 물질은?**

→ 포도당과 아미노산은 ATP를 사용하는 능동 수송에 의해 모두 재흡수된다.

**❸ 오줌의 생성과 이동 경로는?**

→ 콩팥 동맥 → 사구체 → 보먼주머니 → 세뇨관 → 집합관 → 콩팥 깔때기 → 오줌관 → 방광 → 요도

**모범답안** 네프론은 B(사구체), E(보먼주머니), F(세뇨관)로 구성된다. 포도당은 사구체(B)에서 보먼주머니(E)로 압력 차에 의해 여과되며, 세뇨관(F)에서 모세 혈관(D)으로 능동 수송에 의해 재흡수된다.

**유사답안** 네프론은 B(사구체), E(보먼주머니), F(세뇨관)로 구성된다. 포도당은 사구체(B)에서 보먼주머니(E) 방향으로 혈액의 압력 차에 의해 여과되며, 세뇨관(F)에서 모세 혈관(D)으로 능동 수송에 의해 재흡수된다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 네프론의 구성과 포도당의 여과 및 재흡수 방향, 여과 및 재흡수의 원리를 모두 옳게 설명한 경우 | 10점 |
| 포도당의 여과 및 재흡수의 방향과 원리만을 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 포도당의 여과 및 재흡수의 방향과 원리 중 한 가지만 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 네프론의 구성만을 옳게 설명한 경우 | 3점 |

## 08 자극의 전달

핵심 문제로 **개념 마무리** p.75

**1** (1) 랑비에 결절 (2) 확산 (3) 활동 (4) 마이오신 **2** (1) B (2) A (3) C

**1** (1) 축삭이 말이집으로 싸인 뉴런을 말이집 신경이라고 하며, 이 경우 말이집이 없는 랑비에 결절에서만 탈분극이 일어난다.
(2) 흥분은 한 뉴런의 축삭돌기 말단에서 다음 뉴런의 가지돌기 쪽으로만 전달되며, 흥분의 전달은 축삭돌기 말단에서 분비되는 아세틸콜린 등과 같은 신경 전달 물질의 확산에 의해 일어난다.
(3) 자극의 세기가 커져도 활동 전위의 크기는 변화 없지만, 발생 빈도가 많아진다.
(4) 근수축은 액틴 필라멘트가 마이오신 사이로 미끄러져 들어가면서 일어나며, 이를 활주설이라고 한다. 근수축 시 액틴 필라멘트와 마이오신의 길이는 변하지 않고 액틴 필라멘트가 마이오신 사이로 미끄러져 들어가 겹치는 부분이 증가하게 된다.

**2** (1) $Na^+$ 통로를 통한 $Na^+$의 다량 유입에 의해 탈분극(B)이 일어난다.
(2) 자극이 없는 분극(A) 상태에서는 $Na^+-K^+$ 펌프에 의해 막 안팎의 이온 농도 차가 생긴다.
(3) 재분극(C)이 일어날 때는 $K^+$ 통로를 통한 $K^+$의 투과성이 높다.

내신분석 **기출문제** pp.76~80

**248** B, 가지돌기 **249** ① **250** ③ **251** ① **252** ② **253** ① **254** ⑤
**255** ① **256** ① **257** C **258** ④ **259** C-B-A-D **260** ④ **261** ③
**262** 해설 참조 **263** ⑤ **264** ④ **265** ⑤ **266** ③ **267** ⑤ **268** ⑤
**269** ④ **270** ③ **271** ⑤

**248** A는 신경 세포체, B는 가지돌기, C+D+E는 축삭돌기이다. 축삭돌기 중 C는 랑비에 결절, D는 말이집, E는 축삭돌기 말단이다. 운동 뉴런의 가지돌기(B)는 연합 뉴런의 축삭돌기 말단과 연결되어 있어 연합 뉴런으로부터 명령을 받아들인다.

**249** ① 운동 뉴런은 중추 신경계의 명령을 받아 반응기에 전달하는 원심성 뉴런이며, 근육과 같은 반응기에 연결되어 있다.
[오답피하기] ② 운동 뉴런은 축삭돌기가 말이집으로 싸여 있는 신경이므로 말이집 신경이며, 민말이집 신경보다 흥분 전도 속도가 빠르다.
③ 가지돌기(B)에는 시냅스 소포가 없다.
④ 절연체 역할을 하는 것은 랑비에 결절(C)이 아니라 말이집(D)이다.
⑤ 한 뉴런에서 자극은 가지돌기(B)에서 축삭돌기(E) 방향으로 전달된다.

**250** A는 감각 뉴런, B는 연합 뉴런, C는 운동 뉴런이다.
ㄷ. 연합 뉴런(B)과 운동 뉴런(C) 사이의 흥분 전달은 시냅스를 통해 일어난다. 연합 뉴런(B)의 축삭돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질인 아세틸콜린이 운동 뉴런(C)의 이온 통로를 열어서 $Na^+$이 유입되도록 하여 탈분극을 일으킨다.
[오답피하기] ㄱ. 감각 뉴런(A)은 신경 세포체가 축삭돌기의 한쪽 옆에 위치한다.
ㄴ. 연합 뉴런(B)은 말이집이 없는 민말이집 신경이므로 흥분이 전도될 때 도약 전도가 일어나지 않는다.

**251** ㄱ. 랑비에 결절은 말이집 신경에서 말이집으로 싸여 있지 않아 축삭이 노출된 부분을 말한다. 말이집은 전기적 절연체 역할을 하여 말이집 신경에서는 말이집이 없는 랑비에 결절을 통해서만 흥분이 전도되므로 민말이집 신경보다 흥분 전도 속도가 빠르다. A와 B를 비교하면 말이집이 없는 A보다 말이집이 있는 B에서 흥분 전도 속도가 더 빠르다는 것을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. 말이집 신경인 B와 C를 비교하면 B보다 축삭의 지름이 더 큰 C에서 흥분 전도 속도가 더 빠르다는 것을 알 수 있다.
ㄷ. 축삭의 지름이 20 $\mu$m로 같은 A와 B를 비교할 때 말이집이 없는 A보다 말이집이 있는 B에서 흥분 전도 속도가 30배 더 빠른 것을 통해 말이집 신경이 민말이집 신경에 비해 흥분 전도 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다.

| 신경의 종류 | 축삭의 지름 ($\mu$m) | 흥분 전도 속도 (m/s) |
|---|---|---|
| A | 20 | 2 |
| B | 20 | 60 |
| C | 40 | 120 |

**252** ㄷ. 화학 물질 처리 전인 (가)보다 화학 물질 처리 후인 (나)에서 활동 전위의 발생 빈도가 증가하였다.
[오답피하기] ㄱ. (나)에서 휴지 전위는 계속 나타나고 있다.
ㄴ. 화학 물질을 처리하기 전과 후에 활동 전위의 크기에는 변화가 없으므로 이 화학 물질은 활동 전위의 크기를 변화시키는 것이 아니라 활동 전위의 발생 빈도만 변화시키는 물질이라는 것을 알 수 있다.

**253** ㄱ. (가)는 신경 세포체가 크고, 말이집이 있는 것으로 보아 운동 뉴런(원심성 뉴런)임을 알 수 있고, (다)는 신경 세포체가 축삭돌기의 한쪽 옆에 있는 것으로 보아 감각 뉴런(구심성

뉴런)임을 알 수 있다. 운동 뉴런(가)과 감각 뉴런(다)은 모두 말초 신경계에 속한다.

[오답피하기] ㄴ. 흥분은 감각 뉴런(다)에서 연합 뉴런(나)을 거쳐 운동 뉴런(가)으로 전달된다.

ㄷ. A에 역치 이상의 자극을 주면 운동 뉴런(가)에서는 양방향으로 흥분이 전도된다. 그러나 시냅스에서는 자극이 축삭돌기 말단에서 다음 뉴런의 가지돌기 쪽으로만 전달되므로 연합 뉴런(나)과 감각 뉴런(다)에서는 활동 전위가 발생하지 않는다.

**254** 휴지 전위 상태일 때 세포 밖의 농도가 높은 ㉠이 $Na^+$이고, 세포 안의 농도가 높은 ㉡이 $K^+$이다.

ㄱ. B는 탈분극이 일어나는 시기로, 세포 밖에서 세포 안으로 $Na^+$(㉠)이 급격히 유입된다.

ㄴ. C는 재분극이 일어나는 시기로, $K^+$(㉡)이 세포 안에서 세포 밖으로 급격히 유출된다.

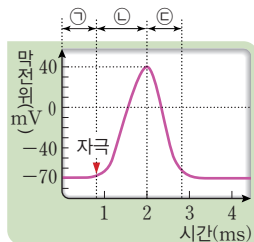
ㄷ. 자극이 주어지기 전인 A 시기와 같은 휴지 전위 상태일 때 ATP 에너지를 소모하면서 $Na^+-K^+$ 펌프의 작용이 활발히 일어난다.

**255** ㉠ 시기는 분극 상태, ㉡ 시기는 탈분극이 일어날 때, ㉢ 시기는 재분극이 일어날 때이다.

ㄱ. 자극이 주어지기 전인 분극 상태(㉠)에서는 $Na^+-K^+$ 펌프의 작용으로 세포 안쪽은 (−)전하를, 바깥쪽은 (+)전하를 띤다.

[오답피하기] ㄴ. 역치 이상의 자극을 받아 탈분극이 일어날 때(㉡)는 세포 밖의 $Na^+$이 $Na^+$ 통로를 통해 세포 안쪽으로 확산되어 들어와 막전위가 급격히 상승한다.

ㄷ. 재분극이 일어날 때(㉢)는 세포 안의 $K^+$이 $K^+$ 통로를 통해 세포 바깥쪽으로 유출되는데, 이는 확산에 의해 일어나므로 에너지를 사용하지 않는다.

자료 분석 노하우

- 시기 ㉠ : 분극 상태로, 자극을 받기 전이며, 휴지 전위를 띠고 있다. 이때 $Na^+-K^+$ 펌프를 통해 $Na^+$은 세포 바깥쪽으로, $K^+$은 안쪽으로 능동 수송된다.
- 시기 ㉡ : 탈분극이 일어나는 시기로, 신경 세포가 자극을 받아 $Na^+$이 세포 안쪽으로 확산되어 활동 전위가 발생한다.
- 시기 ㉢ : 재분극이 일어나는 시기로, 흥분이 옆으로 전도된 후 원래 자극을 받았던 곳은 $K^+$이 세포 바깥쪽으로 확산되어 다시 세포 바깥쪽이 (+)전하를, 안쪽이 (−)전하를 띠게 된다.
- 시기 ㉢ 이후 : ㉠과 같은 분극 상태로, $Na^+-K^+$ 펌프를 통해 $K^+$은 다시 세포 안쪽으로, $Na^+$은 바깥쪽으로 이동되어 이온이 재배치된다.

**256** ㄱ. (나)는 $Na^+$ 통로가 열려 세포 밖에서 안으로 $Na^+$이 유입되어 탈분극이 일어난 상태이다. 이때 막전위가 상승한다.

[오답피하기] ㄴ. ATP는 $Na^+-K^+$ 펌프에 의해 많이 사용되며, 이온 통로를 통한 이온의 이동은 확산에 의한 것으로 ATP가 사용되지 않는다.

ㄷ. 탈분극이 일어날 때 $Na^+$이 세포 안쪽으로 유입되면서 막전위가 상승하고 안쪽이 점차 (+)전하를 띤다.

**257** (나)는 세포 밖에서 안으로 $Na^+$이 유입되어 세포 안쪽은 (+)전하를, 바깥쪽은 (−) 전하를 띠는 탈분극 상태이다. 따라서 (나)는 막전위가 (+) 상태인 C 시기의 신경 세포 단면이다.

**258** ㄴ. 구간 Ⅰ은 휴지 전위 상태이다. 이때 $Na^+-K^+$ 펌프에 의해 $K^+$이 유입되며, 일부 $K^+$이 확산에 의해 다시 유출되기도 하지만, 막 안쪽이 바깥쪽보다 $K^+$의 농도가 높다.

ㄷ. 구간 Ⅱ에서는 $K^+$이 바깥쪽으로 급격히 유출되며, 이로 인해 재분극이 일어나게 된다.

[오답피하기] ㄱ. $t_1$ 시기는 막전위가 가장 높게 상승한 시기이다. 이때는 $Na^+$의 유입과 $K^+$의 유출도 동시에 일어나므로 막을 통한 이온의 이동이 활발하게 일어난다.

**259** D에 자극을 주었을 때 D에서만 활동 전위가 발생했으므로 D는 가장 뒤쪽에 위치한다. C에 자극을 주었을 때 A, B, C, D에서 모두 활동 전위가 발생했으므로 C는 가장 앞쪽에 위치한다. B에 자극을 주었을 때 C를 제외한 다른 뉴런에서 모두 활동 전위가 발생했으므로 B는 C보다는 뒤쪽이고 다른 뉴런들보다는 앞쪽에 위치한다.

**260** (가)는 자극이 주어지기 전이므로 분극(휴지 전위) 상태이다. 이때 $Na^+-K^+$ 펌프에 의해 $Na^+$과 $K^+$이 이동하고 $Na^+$ 통로와 $K^+$ 통로는 대부분 닫혀 있는 ㄷ에 해당한다.

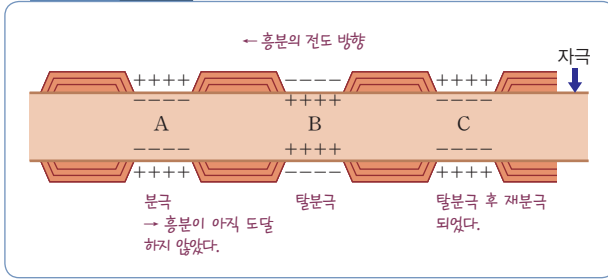
(나)는 자극이 주어진 후 탈분극이 일어나는 시기이다. 이때 $Na^+$ 통로를 통해 $Na^+$이 확산에 의해 세포 안으로 급속히 유입되므로 ㄱ에 해당한다.

(다)는 재분극이 일어나는 시기이다. 이때 세포 안쪽에 있는 $K^+$이 바깥쪽으로 확산되며, $Na^+$ 통로는 닫혀 있는 상태인 ㄴ에 해당한다.

**261** ㄱ. 자극을 준 후 흥분이 B까지 도달했으므로 A는 아직 흥분이 도달하기 전인 분극 상태이다. 분극 상태에서는 $Na^+-K^+$ 펌프가 $Na^+$을 막 외부로, $K^+$을 막 내부로 이동시킨다.

ㄷ. 자극을 받아 C가 탈분극된 다음에 흥분이 전도되어 B가 탈분극되고, C는 재분극된 상태이다.

[오답피하기] ㄴ. 자극을 받아 C를 거쳐 B에 도달한 흥분은 A 방향으로 계속 전도된다. C는 재분극된 상태이므로 C 방향으로 흥분이 전달되지 않는다.

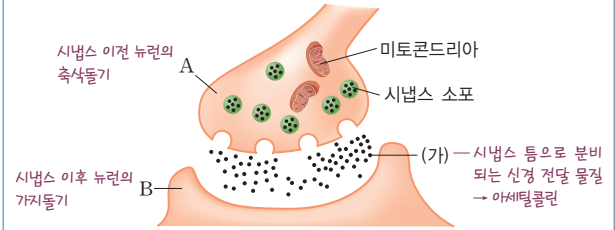
자료 분석 노하우

**262** 신경 세포가 자극을 받지 않았을 때는 에너지를 사용하면서 $Na^+-K^+$ 펌프가 작동하고 $Na^+$ 통로는 닫혀 있으므로 뉴런의 밖에는 안보다 $Na^+$이 더 많이 분포한다. 그러나 역치 이상의 자극이 주어지면 $Na^+$ 통로가 열리면서 뉴런의 세포막 밖에 많이 있던 $Na^+$이 확산에 의해 안으로 들어오게 되어 활동 전위가 발생하면서 세포 안과 밖의 전위가 바뀐다.

모범답안 $Na^+$이 세포 안으로 다량 유입되기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| $Na^+$의 이동 방향을 포함하여 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| $Na^+$ 통로가 열린다고만 옳게 쓴 경우 | 2점 |

**263** 그림은 신경 세포가 자극을 받아 $Na^+$ 통로가 열려 $Na^+$이 세포막 안으로 급격히 유입되고 있는 탈분극 상태를 나타낸 것이다.
⑤ 탈분극 상태에서는 순간적으로 세포 안의 전위가 밖보다 높아지며, 이때의 전위 변화를 활동 전위라고 한다.
[오답피하기] ① 탈분극 상태이다.
② $Na^+$이 $Na^+$ 통로를 통해 세포 안으로 확산되고 있다.
③ $K^+$ 통로가 열리면 $K^+$이 세포 밖으로 확산되면서 재분극이 일어난다.
④ $Na^+-K^+$ 펌프를 통한 이온의 이동은 능동 수송이므로 에너지가 소모되지만, $Na^+$ 통로나 $K^+$ 통로를 통한 이온의 이동은 에너지(ATP)의 소모 없이 확산에 의해 일어난다.

**264** A는 시냅스 이전 뉴런의 축삭돌기, B는 시냅스 이후 뉴런의 가지돌기, (가)는 신경 전달 물질인 아세틸콜린이다.
④ 미토콘드리아는 세포 호흡을 통해 에너지를 생성하는 장소이다.
[오답피하기] ① 아세틸콜린(가)은 시냅스 소포에서 시냅스 틈으로 분비된 후 시냅스 이후 뉴런 가지돌기(B)의 세포막을 탈분극시킨다.
② 시냅스 소포에 들어 있는 물질은 시냅스 틈으로 분비되는 아세틸콜린(가)이다.
③ 시냅스 이전 뉴런의 축삭돌기(A)가 탈분극되면, 자극은 시냅스 소포가 세포막과 융합하여 아세틸콜린(가)의 분비가 촉진된다.
⑤ 아세틸콜린(가)이 시냅스 이후 뉴런의 가지돌기(B)의 세포막에 있는 수용체에 결합하면 시냅스 이후 뉴런 가지돌기(B)의 $Na^+$ 투과성이 증가하여 $Na^+$이 유입되면서 탈분극된다.

자료 분석 노하우

• A : 시냅스 이전 뉴런에서 시냅스 소포가 존재하는 뉴런의 끝 쪽인 축삭돌기 말단이다.
• B : 시냅스 이후 뉴런에서 신경 전달 물질을 받아 탈분극이 일어나면서 흥분되는 가지돌기이다.

**265** ⑤ 뉴런 사이의 흥분 전달(나)은 한 뉴런의 축삭돌기 말단에서 다음 뉴런의 가지돌기 쪽으로만 진행되므로 흥분은 시냅스 소포가 있는 뉴런 B의 축삭돌기에서 뉴런 A의 가지돌기로 전달된다.
[오답피하기] ① 뉴런 내에서의 흥분 전도(가)는 뉴런 사이의 흥분 전달(나)보다 흥분의 이동 속도가 빠르다.
② 뉴런 내에서 흥분의 전도(가)는 뉴런 내부로 들어온 $Na^+$이 확산에 의해 양방향으로 이동하면서 일어난다.
③ 뉴런 내에서 흥분의 전도(가)는 이온의 출입에 따른 막전위 변화에 의해 일어난다.
④ 뉴런 사이의 흥분 전달(나)은 축삭돌기 말단에서 분비되는 신경 전달 물질인 아세틸콜린에 의해 일어난다.

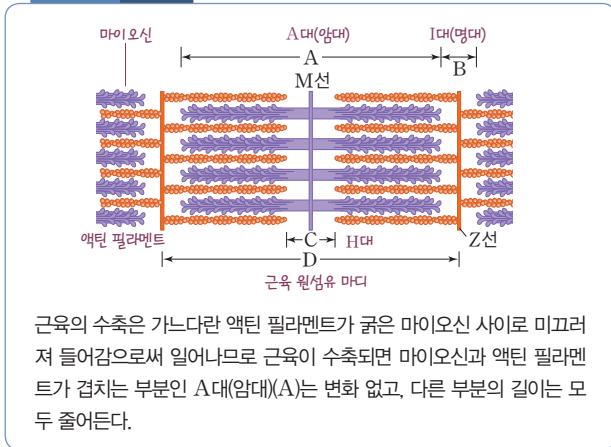
**266** ㄷ. B의 흥분이 D에 도달해야 D에서 활동 전위가 발생한다.
[오답피하기] ㄱ. A 지점은 자극이 전달되지 않으므로 휴지 전위 상태를 유지한다. 휴지 전위일 때도 $Na^+-K^+$ 펌프의 작용으로 축삭돌기 안팎의 전위차는 나타난다.
ㄴ. C 지점은 말이집이 축삭을 싸고 있는 곳이다. 말이집이 절연체 역할을 하므로 흥분의 전도는 말이집을 건너 뛰어 일어난다(도약 전도). 따라서 말이집이 있는 뉴런의 경우 말이집이 없는 뉴런보다 흥분의 전도 속도가 빠르다.

**267** A는 암대인 A대이고, B는 액틴 필라멘트로만 구성된 명대인 I대이다. C는 A대 중 마이오신만으로 이루어진 H대이며, D는 근육 원섬유 마디이다.
근육이 수축되면 마이오신의 길이는 변하지 않으므로 A대(A)는 변화 없다. 그러나 액틴 필라멘트가 마이오신 사이로 미끄러져서 들어가 근육의 수축이 일어나므로 I대(B), H대(C), 근육 원섬유 마디(D)는 모두 길이가 짧아진다.

오개념 피하는 노하우

근수축 시 마이오신이 있는 A대의 길이는 변하지 않고, 액틴 필라멘트만 있는 I대가 짧아지며, H대는 짧아지거나 사라진다. ➡ 근육 원섬유 마디가 짧아진다.

자료 분석 노하우

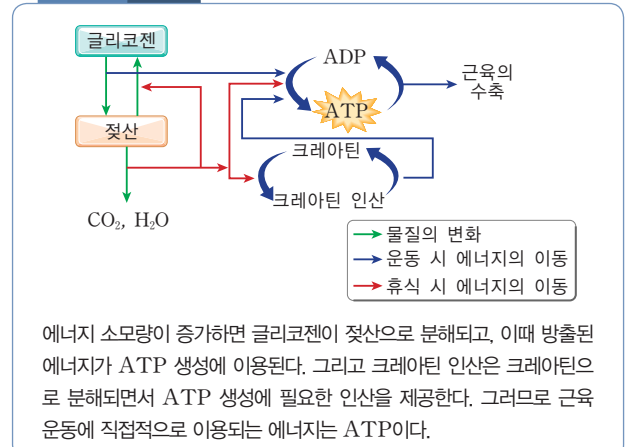
근육의 수축은 가느다란 액틴 필라멘트가 굵은 마이오신 사이로 미끄러져 들어감으로써 일어나므로 근육이 수축되면 마이오신과 액틴 필라멘트가 겹치는 부분인 A대(암대)(A)는 변화 없고, 다른 부분의 길이는 모두 줄어든다.

**268** ㄱ. A대는 암대이며, 마이오신과 액틴 필라멘트가 겹쳐 있어 어둡게 보이는 부분이다. H대는 A대 중 마이오신으로만 이루어진 부분이다. 그러므로 A대에는 근육의 이완과 수축에 상관없이 항상 H대가 포함된다.
ㄷ. 골격근은 여러 개의 근육 섬유 다발로 구성되어 있고, 하나의 근육 섬유는 미세한 근육 원섬유 다발로 구성되어 있다.
[오답피하기] ㄴ. 근육이 수축되어도 근육 원섬유 마디는 A대인 마이오신 길이보다 짧아질 수 없다.

**269** ㄱ. A는 작은 점(㉠)만 보이므로 가느다란 액틴 필라멘트만 있는 부분이다.
ㄷ. A대는 마이오신이 있는 부분이며, 길이가 변하지 않는다. H대는 액틴 필라멘트와 액틴 필라멘트 사이의 간격이며, 근육이 수축하면 줄어든다. 그러므로 근육 수축 시 분모인 A대의 길이는 변화 없고, 분자인 H대의 길이만 줄어들므로 $\frac{\text{H대 길이}}{\text{A대 길이}}$의 값은 작아진다.
[오답피하기] ㄴ. I대(명대)에는 마이오신이 없다.

**270** ㄱ. ㉠은 액틴 필라멘트이며, 근육이 수축하거나 이완할 때 길이 변화가 없다. 근육의 수축은 마이오신과 액틴 필라멘트의 길이가 변하는 것이 아니라 액틴 필라멘트가 마이오신 사이로 미끄러져 들어가 겹치는 부분이 증가하는 것이다.
ㄴ. (가)는 근육이 수축하는 과정이다. 근육이 수축하면 명대인 I대가 줄어들므로 근육 원섬유는 어둡게 보인다.
[오답피하기] ㄷ. (나)는 근육이 이완하는 과정이다. ATP는 근육이 수축할 때 이용된다.

**271** ㄱ. 운동 후 휴식을 취하면 크레아틴이 인산과 결합하여 크레아틴 인산으로 되어 저장되며, 이것은 다음에 운동할 때 바로 사용되어 크레아틴 인산의 양이 감소한다.
ㄴ. 휴식을 취할 때 크레아틴이 인산을 공급받아 크레아틴 인산으로 합성된다.
ㄷ. 무리한 운동으로 근육에 젖산이 쌓인 상태에서 휴식을 취하면 젖산의 일부가 글리코젠으로 전환되어 근육에 저장된다.

자료 분석 노하우

에너지 소모량이 증가하면 글리코젠이 젖산으로 분해되고, 이때 방출된 에너지가 ATP 생성에 이용된다. 그리고 크레아틴 인산은 크레아틴으로 분해되면서 ATP 생성에 필요한 인산을 제공한다. 그러므로 근육 운동에 직접적으로 이용되는 에너지는 ATP이다.

## 내신완성 1등급문제 p.81

**272** ⑤ **273** ③ **274** 해설 참조 **275** 해설 참조 **276** 해설 참조

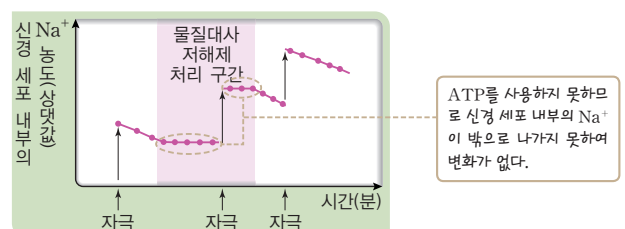
**272** ㄴ. 구간 a 동안 ㉣은 분극 상태이다. 뉴런은 $Na^+-K^+$ 펌프에 의해 분극 상태를 유지한다.
ㄷ. 구간 b 동안 ㉣의 막전위가 변한 것은 ㉠에 준 자극 B에 의해 신경절 이전 뉴런에서 흥분의 전도가 일어나고, 이로 인해 축삭돌기 말단에서 신경 전달 물질이 분비되었기 때문이다. 그러나 물질 Y에 의해 막전위의 변화는 곧 소멸된다.
[오답피하기] ㄱ. ㉡은 축삭의 일부를 슈반 세포가 말고 있는 말이집이다. 말이집(㉡)에서는 세포막을 통한 이온의 이동이 억제되어 활동 전위가 발생하지 않는다.

**273** ㄱ. (가)에서 근절의 길이는 2.0 $\mu$m이고, 마이오신의 길이가 1.4 $\mu$m이므로 a의 길이(㉠)는 0.3 $\mu$m이다.
ㄴ. 마이오신의 길이는 골격근이 수축하거나 이완할 때 변화가 없으므로 ㉡은 1.4 $\mu$m이다.
[오답피하기] ㄷ. (나)일 때, 마이오신의 길이는 변화 없으므로 1.4 $\mu$m이고, a의 길이는 0.2 $\mu$m이며 양쪽에 있으므로 근절의 길이는 1.8 $\mu$m이다.

**274** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**
물질대사 저해제를 처리하면 ATP가 생성되지 않으므로 ATP를 소모하면서 일어나는 과정이 진행되지 않음을 알아야 한다.

**Step ❷ 자료 파악**

**Step ❸ 관련 개념 모으기**

❶ **물질대사 저해제 처리 여부에 따른 변화로 알 수 있는 것은?**
→ 물질대사 저해제를 처리하면 에너지를 이용하여 일어나는 과정이 진행되지 않는다.

❷ **능동 수송이란?**
→ ATP 에너지를 이용하여 농도 기울기를 거슬러 저농도에서 고농도로 물질을 이동시키는 것이다.

**모범답안** 자극을 준 직후 신경 세포 안의 $Na^+$ 농도가 높아지는 것으로 보아 세포 밖의 $Na^+$이 세포 안으로 이동한 것이다.

**유사답안** 세포가 자극을 받으면 세포막의 $Na^+$ 통로가 열리고 세포 밖의 $Na^+$이 세포 안으로 확산된다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 자극을 준 직후 세포 안의 $Na^+$ 농도 변화를 근거로 $Na^+$의 이동 방향을 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| $Na^+$이 세포 밖에서 안으로 이동한다고만 옳게 설명한 경우 | 4점 |

## 275 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**

신경의 흥분 전도 과정 중 $Na^+-K^+$ 펌프의 작용을 정확히 이해해야 한다.

**Step ❷ 관련 개념 모으기**

❶ **세포막에 있는 $Na^+-K^+$ 펌프의 작용은?**
→ 세포막에 있는 $Na^+-K^+$ 펌프는 ATP를 소모하면서 $Na^+$은 세포 밖으로, $K^+$은 세포 안으로 능동 수송하므로 세포막 내외에 전위차가 생기도록 한다.

❷ **흥분이 전도될 때 $Na^+$의 역할은?**
→ 세포 안으로 유입된 $Na^+$이 양옆으로 확산되어 인접부의 $Na^+$ 투과성을 증가시켜 연속적으로 탈분극을 일으킨다.

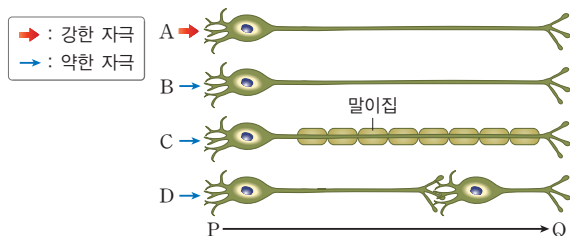
**모범답안** 물질대사 저해제를 처리한 구간에서 세포 안의 $Na^+$ 농도가 낮아지지 않았으므로, 세포 안의 $Na^+$이 세포 밖으로 이동할 때 ATP가 소모됨을 알 수 있다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 물질대사 저해제를 처리한 구간에서 $Na^+$의 농도가 낮아지지 않은 것을 근거로 $Na^+$이 능동 수송되는 방향을 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| $Na^+$이 능동 수송되는 방향만 옳게 설명한 경우 | 4점 |

## 276 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**

자극의 세기와 말이집의 유무에 따른 흥분의 전도와 전달에서 흥분의 이동 속도를 정확히 비교할 수 있어야 한다.

**Step ❷ 자료 파악**

- A와 B : 단일 뉴런은 역치 이상의 자극에서 자극의 세기에 상관없이 활동 전위의 크기가 일정하므로 자극의 세기는 흥분 전도 속도에 영향을 주지 않는다.
- B : 민말이집 신경은 축삭돌기의 모든 부분에서 탈분극이 일어나므로 흥분의 전도 속도가 C보다 느리다.
- C : 말이집 신경에서 말이집은 절연체 역할을 하므로 도약 전도를 하여 흥분의 이동 속도가 가장 빠르다.
- D : 시냅스에서의 흥분 전달은 신경 전달 물질에 의해 일어나므로 흥분의 이동 속도가 가장 느리다.

**Step ❸ 관련 개념 모으기**

❶ **말이집의 역할은?**
→ 말이집은 절연체 역할을 하므로 말이집 신경은 랑비에 결절에서만 탈분극이 일어나는 도약 전도를 하여 말이집 신경의 흥분 전도 속도가 민말이집 신경보다 빠르다.

❷ **흥분의 전도와 전달에서 흥분 이동 속도가 다른 이유는?**
→ 흥분의 전도는 전기적 현상이고, 흥분의 전달은 화학적 현상이므로 시냅스에서의 흥분의 이동 속도가 뉴런 내에서보다 느리다.

**모범답안** 흥분의 이동 속도는 C>A=B>D이다. 말이집은 절연체 역할을 하므로 도약 전도가 일어나 흥분의 이동 속도는 C가 가장 빠르고, D는 중간에 시냅스를 거치므로 가장 느리다. A와 B는 자극의 세기는 다르지만 둘 다 역치 이상의 자극이므로 흥분의 이동 속도는 같다.

**유사답안** 흥분의 이동 속도는 C>A=B>D이다. 말이집 신경인 C는 도약 전도가 일어나므로 흥분의 이동 속도가 가장 빠르고, 중간에 신경 전달 물질에 의해 흥분이 전달되는 D는 가장 느리다. A와 B는 자극의 세기는 다르지만 둘 다 역치 이상의 자극이므로 흥분의 이동 속도는 같다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 흥분의 이동 속도를 정확히 비교하고, 그렇게 판단한 이유를 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 흥분의 이동 속도만 옳게 비교한 경우 | 3점 |

## 09 신경계

핵심 문제로 개념 마무리 p.83

**1** (1) ○ (2) × (3) ○ (4) ○ **2** (1) 뇌 (2) 척수 (3) 아세틸콜린, 아드레날린(노르에피네프린) **3** (1) C, 중뇌 (2) B, 간뇌 (3) E, 소뇌 (4) D, 연수

**1** (1) 대뇌와 척수는 신경 세포체가 모여 있는 곳과 축삭돌기가 모여 있는 곳이 서로 다르다.
(2) 감각 신경은 척수의 후근을 이루며 등 쪽을 지나고, 운동 신경은 척수의 전근을 이루며 배 쪽을 지난다.
(3) 교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧다.
(4) 부교감 신경은 긴장 상태에 있던 몸을 평상시의 상태로 회복시키고, 지속적이고 완만한 환경 변화에 대응하도록 조절한다. 부교감 신경이 작용하면 소화가 촉진된다.

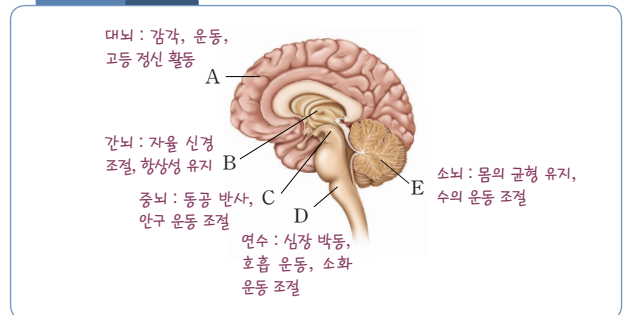
**2** (1) 중추 신경계는 정보 전달의 중심이며, 뇌와 척수로 구성된다.
(2) 뾰족한 물체에 손을 찔렸을 때 자신도 모르게 손을 떼거나 뜨거운 물체에 닿았을 때 재빨리 움츠리는 반사는 척수 반사이다.
(3) 교감 신경의 신경절 이전 뉴런의 말단에서는 아세틸콜린이 분비되고, 신경절 이후 뉴런의 말단에서는 아드레날린(노르에피네프린)이 분비된다.

**3** A는 대뇌, B는 간뇌, C는 중뇌, D는 연수, E는 소뇌이다.
(1) 중뇌(C)는 간뇌(B)의 아래쪽, 소뇌(E)의 앞쪽에 위치하며, 안구 운동과 빛의 밝기에 따른 홍채의 수축과 이완을 조절한다.
(2) 자율 신경과 내분비계의 조절 중추는 간뇌(B)이다.
(3) 소뇌(E)는 대뇌(A)의 뒤쪽 아래에 위치하며, 몸의 자세와 균형을 유지하고, 대뇌(A)와 함께 수의 운동을 조절한다.
(4) 연수(D)는 중뇌(C)와 척수 사이에 있으며, 심장 박동, 호흡 운동, 소화 운동을 조절한다.

### 내신분석 기출문제 pp.84~88

**277** ① **278** ④ **279** ③ **280** 1단계 : 대뇌, 2단계 : 소뇌, 3단계 : 연수
**281** ⑤ **282** ④ **283** ③ **284** E → C → B → D → G **285** ① **286** ③
**287** ③ **288** ⑤ **289** ④ **290** ③ **291** ③ **292** ③ **293** ② **294** ③
**295** ② **296** ① **297** 해설 참조 **298** ③ **299** ④

**277** A는 대뇌, B는 간뇌, C는 중뇌, D는 연수, E는 소뇌이다.
① 대뇌(A)의 겉질은 신경 세포체가 모여 있어 회색을 띤다. 대뇌(A)의 기능은 대부분 겉질에서 담당하며, 기능에 따라 감각령, 연합령, 운동령으로 구분된다.
[오답피하기] ② 간뇌(B)는 시상과 시상 하부로 나뉘며, 시상 하부는 자율 신경의 최고 중추로 체온, 삼투압, 혈당량 등을 조절한다.
③, ⑤ 수의 운동을 조절하는 곳은 대뇌(A)와 소뇌(E)이다. 소뇌(E)는 몸의 근육 운동이 정확하고 원활하게 일어나도록 조절한다. 중뇌(C)는 소뇌(E)와 함께 몸의 평형을 조절하고, 동공 반사, 안구 운동의 조절에 관여한다.
④ 연수(D)는 심장 박동, 호흡 운동, 소화 운동의 중추이며, 구토, 재채기, 기침, 딸꾹질, 하품, 눈물 분비, 침 분비 등의 반사 중추이다.

자료 분석 노하우

**278** ㄴ. 듣고 말할 경우 A에서 시작하므로 A에는 청각령, 보고 말할 경우 B에서 시작하므로 B에는 시각령이 있다는 것을 알 수 있다.
ㄷ. 대뇌의 겉질은 부위에 따라 시각, 청각, 사고, 말하기 등 서로 다른 기능을 담당한다. 이를 통해 대뇌 겉질은 부위별로 기능이 분업화되어 있다는 것을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄱ. 제시된 자료를 통해 대뇌 겉질에서 각 부위가 담당하는 기능은 알 수 있으나, 대뇌의 좌반구와 우반구의 기능은 알 수 없다.

**279** ㄷ. 소리를 듣는 청각, 언어 이해, 언어 발성을 담당하는 부위는 모두 대뇌에 있으나, 대뇌 겉질의 각각 다른 곳에 위치한다.
[오답피하기] ㄱ. 대뇌 겉질의 각 부위마다 담당하는 기능이 분업화되어 있으며, 피부 감각과 수의 운동을 담당하는 부분의 경우 신체 부위의 크기나 위치와 상관없이 나누어져 있다.
ㄴ. 대뇌의 옆모습이므로 수의 운동의 중추는 대뇌의 앞쪽, 피부 감각의 중추는 대뇌의 뒤쪽에 위치한다.

**280** 1단계에서 말이 많아지면서 통제가 잘 되지 않고 혀가 꼬여 말을 이상하게 하는 것은 알코올에 의해 감각, 운동, 정신 활동의 중추인 대뇌에 이상이 생겼기 때문이다.
2단계에서 자세를 잘 잡지 못하고 걸을 때 몸을 비틀거리면서 걷는 것은 알코올에 의해 몸의 자세와 균형을 유지하는 소뇌에 이상이 생겼기 때문이다.
3단계에서 숨쉬기가 곤란해지는 것은 알코올에 의해 호흡 운동의 중추인 연수에 이상이 생겼기 때문이다.

**281** A는 간뇌, B는 대뇌이다.
ㄴ. 의식적으로 심호흡하는 것은 대뇌(B)가 관여한다.

ㄷ. 평상시와 심호흡 시 모두 폐를 통한 기체 교환의 원리는 기체의 분압 차에 따른 확산이다.

[오답피하기] ㄱ. 간뇌(A)는 호흡 운동에 관여하지 않는다. 평상시 호흡 운동에는 연수가 관여한다.

**282** A는 간뇌, B는 중뇌, C는 연수, D는 척수, E는 소뇌이다.

④ 척수(D)는 무릎 반사, 뜨거운 물체에 닿았을 때 재빨리 움츠리기, 땀 분비 등의 중추이다. 딸꾹질이나 구토, 기침, 재채기, 하품, 눈물 분비, 침 분비 등의 중추는 연수(C)이다.

[오답피하기] ① 간뇌(A)는 자율 신경과 내분비계를 조절하는 중추로 체온, 삼투압, 혈당량 조절 등 항상성 유지에 관여한다.

② 중뇌(B)는 소뇌(E)와 함께 몸의 평형을 조절하고, 동공 반사와 안구 운동을 조절하는 중추이다.

③ 연수(C)는 심장 박동, 호흡 운동, 소화 운동과 소화액 분비 등을 조절하는 중추이다.

⑤ 소뇌(E)는 몸의 자세와 균형을 유지하는 중추이며, 대뇌와 함께 골격근을 조절하여 수의 운동이 정확하게 일어나게 하는 중추이다. 글씨를 쓰기 위해 손을 노트에 옮기는 것은 대뇌가 관여하지만 정확한 위치에 글자를 쓰는 것은 소뇌(E)가 관여한다.

**283** ③ 재채기, 하품, 딸꾹질의 반사 중추는 연수이다.

[오답피하기] ① 척수는 연수 아래쪽에서부터 척추 속으로 길게 뻗어 있는 중추 신경으로, 뇌와 말초 신경을 연결하는 통로 역할을 한다.

② 척수의 후근은 감각 신경 다발이고, 전근은 운동 신경 다발이다.

④ 척수는 겉질과 속질의 구성이 대뇌와 다르다. 척수의 겉질은 축삭돌기가 모여 있는 백색질이고, 속질은 신경 세포체가 모여 있는 회색질이다.

⑤ 척추의 마디마다 등 쪽으로 감각 신경 다발이 좌우로 한 개씩 나와 후근을 이루고, 배 쪽으로 운동 신경 다발이 좌우로 한 개씩 나와 전근을 이룬다.

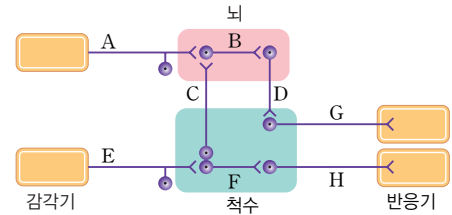
**284** 손으로 더듬는 감각은 피부 감각기를 통해 감각 신경 E와 C를 거쳐 뇌로 전달되고, 뇌에서는 받은 정보를 판단하여 운동 신경 D와 G를 거쳐 반응기에 명령을 내린다. 따라서 자극의 전달 경로는 E → C → B → D → G이다.

**285** ① 바늘에 찔렸을 때 재빨리 손을 움츠리는 행동은 무조건 반사로, 척수가 중추이다.

[오답피하기] ② 대뇌를 거치지 않으므로 무의식적으로 일어나는 행동이다.

③, ④ 무릎 반사는 무조건 반사에 해당하며, 무조건 반사는 학습에 의해서 후천적으로 터득된 것이 아니라 위급한 상황에 대응하여 몸을 보호하기 위한 선천적인 행동이다.

⑤ 자극의 전달 경로는 뇌를 거치지 않는 E → F → H이다.

**자료 분석 노하우**

- A → B → D → G 경로 : 감각 정보가 척수를 거치지 않고 뇌로 직접 전달되는 것이다. 눈, 코, 귀, 입 등 목 위의 감각기를 통해 수용된 자극에 대해 뇌에서 판단하고 척수를 통해 근육을 움직여 반응하는 경로이다.
- E → F → H 경로 : 뇌를 거치지 않고 척수를 통해 일어나는 무조건 반사 경로이다. 뜨거운 것에 손이 닿았을 때 급히 손을 떼는 경우, 무릎 반사, 압정을 밟았을 때 재빨리 발을 드는 경우 등이 해당된다.
- E → C → B → D → G 경로 : 감각기에서 수용한 자극이 척수를 지나 뇌에 전달되고, 뇌의 명령이 척수를 지나 반응기에 전달되는 경로이다. 목 아래 감각기에서 수용한 자극에 대해 뇌에서 판단하여 반응하는 경우에 해당된다.

**286** ㄷ. 손으로 더듬어 스위치인지 판단해야 하므로 자극은 척수를 거쳐 대뇌로 전달되고, 대뇌가 판단한 후 스위치를 눌러야 하므로 자극의 전달 경로는 (C)이다.

[오답피하기] ㄱ. 뜨거운 물체에 손이 닿았을 때 재빨리 손을 움츠리는 행동에는 체성 신경이 관여한다. 자율 신경은 교감 신경과 부교감 신경이 있으며, 대뇌의 지배를 직접 받지 않고 내장 기관의 기능을 자율적으로 조절한다.

ㄴ. 떨어지는 자를 눈으로 본 것을 대뇌에서 판단하고, 대뇌의 명령이 척수를 거쳐 반응기(손이 근육)에 전달되어야 하므로 자극의 전달 경로는 (B)이다.

**287** ㄱ. 말초 신경계는 체성 신경계와 자율 신경계로 나눈다. A, B, C는 감각 신경과 운동 신경으로 체성 신경계에 속한다. 자율 신경계는 대뇌의 직접적인 지배를 받지 않고 내장 기관의 기능을 자율적으로 조절하는 교감 신경과 부교감 신경으로 구성된다.

ㄴ. B는 척수의 연합 뉴런을 거치지 않고 반응이 일어나지만, C는 척수의 연합 뉴런을 거쳐서 반응이 일어난다. 그러므로 B가 C보다 먼저 작용한다.

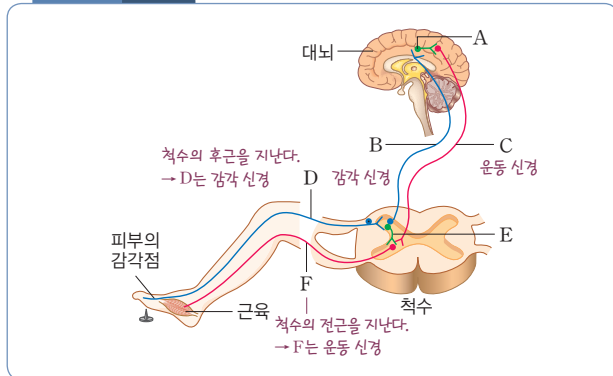
[오답피하기] ㄷ. ⓐ와 같이 다리가 올라가기 위해서는 ㉠은 수축, ㉡은 이완되어야 한다.

**288** ㄱ. B가 손상되면 무조건 반사는 일어나지만 대뇌에 정보가 전달되지 않아 아픔을 느낄 수 없다.

ㄴ. F가 손상되면 의식적으로나 무의식적으로 발을 들 수 없지만, 감각 신경에는 이상이 없으므로 아픔은 느낄 수 있다.

ㄷ. 압정을 밟았을 때 발바닥에 따가움을 느끼는 것과 발바닥

을 만지는 것은 모두 대뇌가 관여하는 의식적인 반응이며, 반응 경로는 D → B → A → C → F이다.

자료 분석 노하우

**289** (가)와 (나)는 뇌와 척수이고, (다)는 자율 신경계이다.
ㄴ. 자율 신경계(다)는 교감 신경과 부교감 신경으로 구분된다.
ㄷ. 체성 신경계는 주로 대뇌의 지배를 받아 자극에 대한 의식적인 반응의 조절을 담당하며, 감각 신경과 운동 신경으로 구성되어 있다.
[오답피하기] ㄱ. 뇌신경과 척수 신경은 중추 신경계에 연결된 말초 신경이다. 뇌신경은 뇌에 연결된 12쌍의 신경으로 대부분 머리와 목 부분에 분포하고, 척수 신경은 척수와 연결된 31쌍의 말초 신경이다.

**290** ㄱ. 교감 신경은 대부분 척수에서 뻗어 나오고, 부교감 신경은 중뇌, 연수, 척수의 끝 부분에서 뻗어 나온다. 따라서 연수와 척수는 자율 신경의 조절에 관여한다.
ㄴ. 온몸에 분포하는 감각 신경과 운동 신경은 말초 신경계에 속한다. 즉, 말초 신경을 통해 자극을 중추 신경으로 보내고 중추 신경의 명령을 반응기에 전달한다.
[오답피하기] ㄷ. 교감 신경과 부교감 신경 모두 각각 2개의 뉴런으로 구성되어 신경절에서 시냅스를 이룬다.

**291** ㄷ. 휴식을 취하여 긴장이 풀리는 것은 부교감 신경의 작용 때문이다.
[오답피하기] ㄱ. 긴장했을 때 먹은 음식이 소화가 잘 되지 않는 것은 교감 신경의 작용 때문이다.
ㄴ. 놀랐을 때 동공이 커지는 것은 교감 신경의 작용 때문이다.

**292** A는 교감 신경, B는 부교감 신경이다.
ㄱ. 교감 신경(A), 부교감 신경(B)은 자율 신경이며, 서로 길항적으로 작용한다.
ㄴ. 긴장했을 때에는 교감 신경(A)이 작용하며, 홍채가 축소되면 동공이 확대된다.
[오답피하기] ㄷ. 심한 운동을 하면 심장 박동과 호흡이 촉진된다. 이것은 교감 신경(A)의 작용이 활발하게 일어나기 때문이다.

**293** ㄷ. A는 뇌에 연결되어 있는 뇌신경이며, B와 F는 척수에 연결되어 있는 척수 신경이다.
[오답피하기] ㄱ. C는 B로부터 받은 감각 정보를 대뇌로 전달하는 감각 뉴런이다. E는 대뇌로부터 받은 운동 정보를 전달하는 운동 뉴런이다.
ㄴ. A는 눈의 시각 정보를 대뇌로 전달하는 감각 뉴런이며, 말단에서 중추로 흥분이 이동하므로 구심성 뉴런이다. B도 피부의 감각 정보를 척수로 전달하는 감각 뉴런이므로 구심성 뉴런이다.

**294** ㄱ. 말초 신경계는 기능에 따라 체성 신경계와 자율 신경계로 구분하며, 동공 크기는 자율 신경계인 교감 신경과 부교감 신경의 길항 작용으로 조절된다.
ㄴ. 제시된 자율 신경은 신경절 이후 뉴런이 신경절 이전 뉴런보다 짧으므로 부교감 신경이다. 부교감 신경은 신경절 이전 뉴런과 신경절 이후 뉴런에서 모두 신경 전달 물질로 아세틸콜린이 분비된다.
[오답피하기] ㄷ. 동공 크기 조절의 중추는 중뇌이다. 중뇌는 간뇌와 연수 사이에 위치하며, 안구 운동과 동공 반사를 조절하는 중추이다. 연수는 구토, 재채기, 기침, 딸꾹질, 하품, 눈물 분비, 침 분비 등의 반사 중추이다.

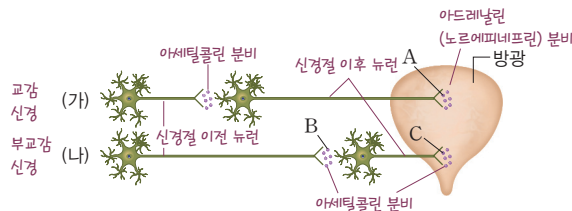
**295** 운동을 할 경우, 긴장을 하거나 스트레스를 받을 경우 교감 신경이 흥분하게 된다. 교감 신경이 흥분하면 심장 박동과 호흡 운동이 촉진되고, 소화액 분비와 소화 작용이 억제된다.
운동을 하면 교감 신경의 흥분으로 소화 작용이 억제되므로 식사 후 2시간 정도 지난 후 운동을 하는 것이 좋다.
꾸지람을 들으면 교감 신경의 흥분으로 소화액의 분비가 억제되므로, 음식을 먹으면 체하기 쉽다.

**296** (가)는 교감 신경, (나)는 부교감 신경이다.
① A는 교감 신경의 말단에서 분비되는 아드레날린(노르에피네프린)이며, 아드레날린(A)의 작용으로 방광은 확장된다.
[오답피하기] ② 부교감 신경(나)의 신경절과 말단에서 모두 아세틸콜린이 분비된다.
③ 교감 신경(가)과 부교감 신경(나)은 서로 길항적으로 작용한다.
④ 교감 신경(가)과 부교감 신경(나)은 말초 신경계 중 자율 신경계에 속한다. 말초 신경계는 체성 신경계와 자율 신경계로 구분하며, 자율 신경계는 다시 교감 신경(가)과 부교감 신경(나)으로 구분한다.
⑤ 교감 신경(가)과 부교감 신경(나)은 모두 원심성 뉴런으로 구성되며, 혈관이나 내장 기관에 분포한다.

**297** 연단에 서서 발표를 할 때는 일반적으로 긴장된 상태이며, 이때 흥분하는 신경은 교감 신경(가)이다. 교감 신경(가)은 신경절 이전 뉴런이 짧고, 신경절 이후 뉴런이 길다.

모범답안 교감 신경(가)이 흥분하여 말단에서 아드레날린(노르에피네프린)이 분비되고, 심장 박동은 촉진된다.

| 채점 기준 | 배점 |
| --- | --- |
| 교감 신경(가)과 아드레날린(노르에피네프린)을 쓰고, 심장 박동의 변화를 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 교감 신경(가)과 아드레날린(노르에피네프린)만 옳게 쓴 경우 | 3점 |
| 심장 박동의 변화만 옳게 설명한 경우 | 2점 |

자료 분석 노하우

• 교감 신경(가)은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 짧으며, 말단에서 아드레날린(노르에피네프린)이 분비된다.
• 부교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길며, 말단에서 아세틸콜린이 분비된다.

**298** A는 신경절 이전 뉴런이 짧고 신경절 이후 뉴런이 길므로 교감 신경이고, B는 신경절 이전 뉴런이 길고 신경절 이후 뉴런이 짧으므로 부교감 신경이다. 교감 신경(A)은 심장 박동을 촉진시키고, 부교감 신경(B)은 심장 박동을 억제시킨다. 심장 박출량과 호흡수가 적은 ㉠은 평상시이며, 심장 박출량과 호흡수가 많은 ㉡은 운동 시이다.
ㄱ. 교감 신경(A)의 작용은 운동 시 더 활발하게 일어난다.
ㄴ. 부교감 신경(B)은 뇌나 척수의 끝 부분에서 나와 반응기에 연결된다. 심장 박동을 조절하는 중추는 연수이므로 부교감 신경(B)의 신경절 이전 뉴런의 신경 세포체는 연수에 있다.
[오답피하기] ㄷ. ㉡은 운동 시이며, 이때 혈중 이산화 탄소의 농도가 증가하여 호흡 속도가 빨라지게 된다. 또한 폐포로 이동하는 이산화 탄소도 많아지므로 폐포 모세 혈관에서 폐포로의 이산화 탄소 이동 속도는 ㉡이 ㉠보다 빠르다.

**299** ㄴ. (나)는 중추에서 팔로 흥분을 전달하여 팔의 근육을 움직이게 하는 운동 신경(원심성 신경)이다. (다)는 피부에서 중추로 피부의 감각을 전달하는 감각 신경(구심성 신경)이다. 운동 신경(나)과 감각 신경(다)은 모두 체성 신경계에 속한다.
ㄷ. (라)는 중추에서 말단까지 가는 도중에 한 번의 신경절을 거치며, 신경절 이전 뉴런이 길고 신경절 이후 뉴런이 짧으므로 부교감 신경이다. 부교감 신경(라)은 자율 신경에 속하며, 자율 신경은 무의식적인 반응에 관여한다.
[오답피하기] ㄱ. (가)는 중추에서 말단인 심장으로 가는 동안 한 번의 신경절을 거치므로 자율 신경이며, 신경절 이전 뉴런이 짧고 신경절 이후 뉴런이 길므로 교감 신경이다. 교감 신경(가)의 말단에서는 아드레날린(노르에피네프린)이 분비된다.

**300** ① **301** ⑤ **302** ④ **303** ⑤ **304** 해설 참조

**300** ㄱ. 듣고 생각하고 말하는 과정을 담당하는 곳은 대뇌이므로 대뇌의 기능이 상실된 식물인간과 대뇌를 포함한 다른 뇌의 기능이 모두 상실된 뇌사자는 듣고 생각하지 못한다.
[오답피하기] ㄴ. 식물인간은 대뇌의 기능이 상실된 상태이다. 대뇌는 감각령, 연합령, 운동령으로 나누어지는데, 보는 것은 감각령의 기능이므로 식물인간은 사물을 볼 수 없다. 중뇌는 동공 반사와 안구 운동의 조절에 관여한다.
ㄷ. 뇌사자는 뇌의 모든 기능이 상실된 상태이다. 그러나 뜨거운 물질에 대한 회피 반사는 척수 반사이므로 뇌사자에게 나타날 수 있다.

오개념 피하는 노하우

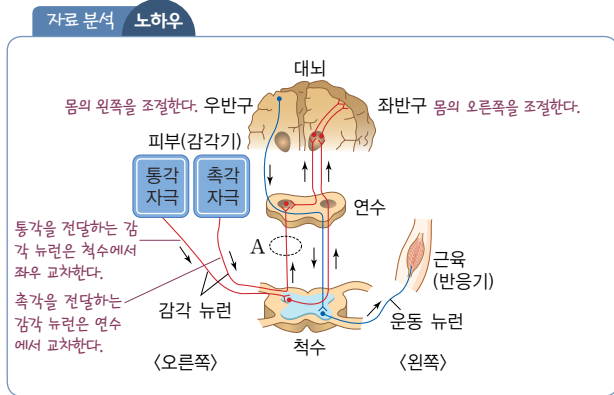
■ **뇌사와 식물인간**
• 뇌사자 : 뇌줄기를 비롯한 뇌 전체의 기능을 상실한 경우
• 식물인간 : 뇌줄기의 기능은 정상이나 대뇌의 기능을 상실한 경우

**301** ㄱ. (가)와 (나)는 의식적인 행동이므로 대뇌가 관여한다.
ㄴ. (다)에서 고무망치로 무릎뼈 바로 아랫부분을 가볍게 칠 때 다리가 올라가는 것은 척수 반사이지만, 감각기에 수용된 자극이 대뇌로도 전해지므로 고무망치가 친 것을 느낀다.
ㄷ. (다)에서 다리가 올라가는 경로는 척수 반사이며, '피부 → 감각 신경 → 척수 → 운동 신경 → 근육'의 경로를 거친다.

**302** ④ 뇌와 척수를 연결하는 신경의 좌우 교차는 대부분 연수에서 일어난다.
[오답피하기] ① 뇌교는 중뇌와 연수 사이에 있으며, 소뇌와 대뇌 사이의 정보 전달을 중계한다.
② 대뇌의 좌우 반구와 연결된 신경은 대부분 연수에서 좌우가 교차되므로 각각 몸의 반대쪽을 지배한다.
③ 대뇌의 겉질은 신경 세포체가 분포하는 회색질이고, 척수의 겉질은 신경 섬유가 모인 백색질이다.
⑤ 간뇌는 대뇌 아래쪽과 중뇌 사이에 있으며 시상과 시상 하부로 나누어지는데, 대부분의 기능은 시상 하부에서 담당한다. 시상 하부는 자율 신경과 내분비계의 조절 중추로 체온, 삼투압, 혈당량 조절 등 항상성 유지에 관여한다.

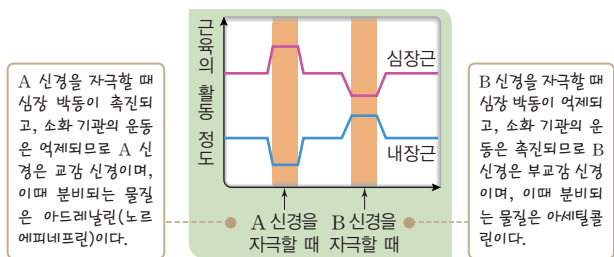
**303** ㄴ. 오른쪽 손으로 부드러운 물건을 만지면 촉각 자극이 감각 뉴런을 통해 대뇌로 전달된다. 그러나 A 부분을 다치면 촉각 자극이 대뇌로 전달되지 않아 대뇌에서는 감각을 느낄 수 없다.
ㄷ. 무릎 반사는 척수 반사이므로 왼쪽 다리의 무릎뼈 바로 아랫부분을 고무망치로 가볍게 치면 무릎 반사가 나타난다.
[오답피하기] ㄱ. 오른쪽 다리에 돌을 맞으면 오른쪽 통각 자극이 감각 뉴런에 의해 척수로 전달된다. 통각 자극은 오른쪽 척수에서 왼쪽 척수 쪽으로 이동한 후 연수로 전달되므로 다

친 A 부분을 거치지 않는다. 그러므로 아픔을 느낄 수 있다.

자료 분석 노하우

**304** 서술형 해결전략

**Step ① 문제 포인트 파악**

자율 신경인 교감 신경과 부교감 신경의 말단에서 분비되는 물질의 작용을 구분하고, 이들이 서로 길항적으로 작용함을 알아야 한다.

**Step ② 자료 파악**

**Step ③ 관련 개념 모으기**

❶ 교감 신경과 부교감 신경의 구조적 차이는?
→ 교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 짧고, 신경절 이후 뉴런이 길다. 부교감 신경은 신경절 이전 뉴런이 길고, 신경절 이후 뉴런이 짧다.

❷ 교감 신경과 부교감 신경의 말단에서 분비되는 물질은?
→ 교감 신경의 말단에서는 아드레날린(노르에피네프린)이, 부교감 신경의 말단에서는 아세틸콜린이 분비된다.

❸ 길항 작용이란?
→ 어떤 생명 활동에 대해 한쪽은 촉진하고 다른 한쪽은 억제하는 방향으로 작용하여 그 기능을 조절하는 것이다.

**모범답안** A 신경은 교감 신경, B 신경은 부교감 신경이다. 교감 신경(A)은 심장근의 작용을 활발하게 하여 심장 박동을 촉진하며, 소화에 관여하는 내장근의 작용을 억제하므로 소화가 잘 안 되도록 한다. 부교감 신경(B)은 이와 반대 작용을 한다.

**유사답안** A 신경은 교감 신경, B 신경은 부교감 신경이다. 교감 신경(A)은 심장 박동을 촉진하며, 소화 기능을 억제하고, 부교감 신경(B)은 이와 반대 작용을 함으로써 여러 가지 생리 기능을 일정하게 조절한다.

| 채점 기준 | 배점 |
| --- | --- |
| A 신경과 B 신경의 명칭을 쓰고, 이 신경들의 작용을 옳게 설명한 경우 | 8점 |
| A 신경과 B 신경의 명칭만 옳게 쓴 경우 | 4점 |

## 10 항상성 조절

핵심 문제로 개념 마무리 p.91

**1** (1) 내분비샘, 혈액 (2) 열 발생량, 수축 (3) 글루카곤, 아드레날린(에피네프린), 당질 코르티코이드 **2** (1) ㄱ (2) ㄴ (3) ㄷ (4) ㅂ

**1** (1) 호르몬은 내분비샘에서 생성되며, 혈액이나 조직액으로 분비되어 온몸으로 운반된다.
(2) 추울 때는 교감 신경이 흥분하여 심장 박동을 촉진하고 근육 떨림이 증가한다. 또한, 티록신과 아드레날린(에피네프린) 분비 증가로 간과 근육에서 물질대사가 촉진되어 열 발생량을 증가시킨다.
(3) 글루카곤, 아드레날린(에피네프린), 당질 코르티코이드는 혈당량을 증가시키며, 인슐린은 혈당량을 감소시킨다.

**2** (1) 피드백은 어떤 원인에 의한 결과가 다시 그 원인에 영향을 주는 현상이다.
(2) 길항 작용의 예로는 교감 신경과 부교감 신경의 작용, 인슐린과 글루카곤의 작용 등이 있다.
(3) 이자의 $\beta$ 세포에서 분비되어 혈당량을 낮추는 호르몬은 인슐린이며, 이자의 $\alpha$ 세포에서 분비되어 혈당량을 높이는 호르몬은 글루카곤이다.
(4) 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하여 삼투압을 유지시키는 호르몬은 항이뇨 호르몬이며, 알도스테론은 콩팥에서 $Na^{+}$의 재흡수를 촉진한다.

내신분석 **기출문제** pp.92~96

**305** ② **306** ④ **307** ③ **308** ③ **309** ① **310** ④ **311** 해설 참조
**312** 감소한다. **313** ① **314** ⑤ **315** ③ **316** ① **317** ④ **318** ④
**319** ④ **320** ④ **321** ③ **322** ④ **323** ⑤ **324** ② **325** ① **326** ③
**327** ④

**305** (가)는 신경, (나)는 호르몬에 의한 신호 전달 방법이다.
② 호르몬(나)은 내분비샘에서 만들어진 후 표적 세포로 전달되어 작용하므로 반응 속도가 신경(가)보다 느리지만 효과가 지속적으로 나타난다.
[오답피하기] ① 신경(가)은 뉴런이 연결되는 부위에만 작용하므로 작용 범위가 좁고, 호르몬(나)은 멀리 있는 기관의 활동을 조절하므로 작용 범위가 넓다.
③ 호르몬(나)은 분비, 운반, 작용에 시간이 걸려 반응 속도가 비교적 느리지만, 신경(가)은 빠르다.
④ 신경(가)에서 신호 전달 매체는 뉴런이며, 호르몬(나)은 혈액이다.
⑤ 신경(가)은 일정 방향으로만 흥분을 전달하고, 호르몬(나)은 표적 기관에만 작용한다.

**306** ㄴ. (나)는 내분비샘의 분비 세포에서 분비된 물질(호르몬)이

혈관을 통해 이동하는 것을 나타낸 것이다.

ㄷ. (나)와 같이 내분비샘에서 분비되는 물질은 혈액을 따라 온몸을 순환하다가 특정 표적 세포나 표적 기관에만 작용한다.

[오답피하기] ㄱ. (가)는 외분비샘을 통한 물질의 분비와 이동을 나타낸 것이다. 외분비는 분비관을 통해 목적된 곳으로만 분비 물질(소화액, 땀 등)을 내보내는 것이다. 인슐린이나 글루카곤과 같은 호르몬은 (나)와 같은 방법으로 분비되어 이동한다.

**307** 뇌하수체 전엽은 뇌하수체 후엽보다 더 많은 종류의 호르몬을 분비한다. 그러므로 (가)는 뇌하수체 후엽, (나)는 뇌하수체 전엽이다.

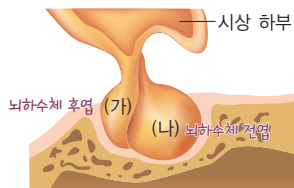
③ 혈중 $Ca^{+}$ 농도를 증가시키는 파라토르몬은 부갑상샘에서 분비된다.

[오답피하기] ① 몸의 생장을 촉진시키는 호르몬인 생장 호르몬은 뇌하수체 전엽(나)에서 분비된다.

② 티록신의 분비를 촉진시키는 갑상샘 자극 호르몬은 뇌하수체 전엽(나)에서 분비된다.

④ 여포 및 난자의 발달과 에스트로젠 분비를 촉진하는 여포 자극 호르몬(FSH)은 뇌하수체 전엽(나)에서 분비된다.

⑤ 당질 코르티코이드의 분비를 촉진하는 부신 겉질 자극 호르몬은 뇌하수체 전엽(나)에서 분비된다.

자료 분석 노하우

- (가) : 뇌하수체 후엽으로, 옥시토신, 항이뇨 호르몬을 분비한다.
- (나) : 뇌하수체 전엽으로, 생장 호르몬, 갑상샘 자극 호르몬, 부신 겉질 자극 호르몬, 여포 자극 호르몬, 황체 형성 호르몬을 분비한다.

**308** ㄱ. 간뇌의 시상 하부는 신경을 통해 척수로 반응 명령을 내린다.

ㄴ. 아드레날린(에피네프린)은 혈당량을 증가시키는 호르몬으로, 표적 기관에만 작용한다.

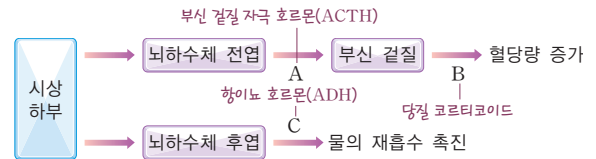
[오답피하기] ㄷ. 부신 겉질에서는 당질 코르티코이드와 알도스테론이 분비된다. 당질 코르티코이드는 혈당량을 증가시키는 호르몬으로 아드레날린(에피네프린)과 같은 작용을 하고, 알도스테론은 콩팥에서 $Na^{+}$의 재흡수를 촉진한다.

**309** A는 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH), B는 당질 코르티코이드, C는 항이뇨 호르몬(ADH)이다.

ㄱ. 부신 겉질에서 당질 코르티코이드(B)가 분비되어 혈당량이 증가되면 부신 겉질 자극 호르몬(ACTH)(A)의 분비가 억제된다.

[오답피하기] ㄴ. 당질 코르티코이드(B)는 부신 겉질에서 분비되어 혈당량을 증가시킨다. 아드레날린(에피네프린)은 부신 속질에서 분비되어 혈당량을 증가시킨다.

ㄷ. 항이뇨 호르몬(ADH)(C)과 알도스테론(무기질 코르티코이드)은 둘 다 콩팥에 작용한다. 그러나 항이뇨 호르몬(ADH)(C)은 수분의 재흡수를 촉진하고, 알도스테론은 $Na^{+}$의 재흡수를 촉진하므로 서로 길항 작용을 하지 않는다.

자료 분석 노하우

혈당량을 증가시키는 호르몬 : 당질 코르티코이드, 아드레날린(에피네프린), 글루카곤

**310** ㄴ. TRH의 분비가 증가하면 TSH의 분비도 증가한다. 그 결과 갑상샘에서 티록신의 분비도 증가한다.

ㄷ. 갑상샘의 이상으로 티록신 분비량이 줄어들면 음성 피드백 작용에 의해 TRH의 분비량이 증가하고, 그 결과 TSH의 분비량도 증가한다.

[오답피하기] ㄱ. 뇌하수체 전엽이 작용하지 못하면 갑상샘에서 티록신이 분비되지 않으므로 TRH가 계속 분비되는 피드백이 일어난다.

**311** 티록신은 간이나 근육 등에 작용하여 세포 호흡을 촉진하여 열을 발생시키는데, 아이오딘이 들어 있는 음식물을 섭취하지 못해 티록신을 합성하지 못하는 사람의 경우 세포 호흡이 잘 일어나지 못한다.

모범답안 아이오딘은 티록신의 구성 성분이므로 아이오딘이 결핍되면 티록신을 합성하지 못한다. 따라서 피드백에 의해 갑상샘 자극 호르몬(TSH)의 분비가 증가하여 갑상샘을 계속 자극하므로 갑상샘이 비대해지는 갑상샘종에 걸릴 수 있다.

| 채점 기준 | 배점 |
| --- | --- |
| 세 단어를 모두 포함하여 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 두 단어를 포함하여 옳게 설명한 경우 | 3점 |

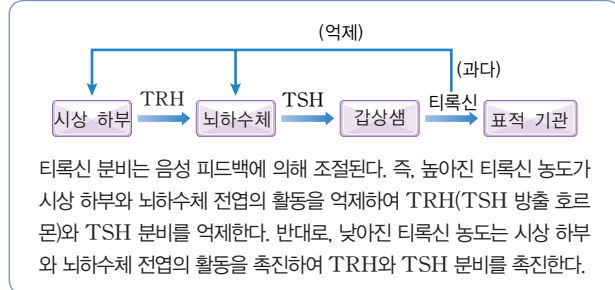
**312** 호르몬 A는 부신 겉질에서 분비되는 알도스테론으로 콩팥에서 $Na^{+}$의 재흡수를 촉진한다. 호르몬의 분비량은 피드백의 원리에 의해 조절된다. 체내에 수분이 부족하고 무기 염류의 양이 많으면 수분의 배설량과 무기 염류의 흡수량을 줄여야 한다. 따라서 혈액에 $Na^{+}$양이 많으면 알도스테론(무기질 코르티코이드)(A)의 분비량이 줄어들어야 한다.

**313** (가) 뇌하수체를 제거하면 혈중 TSH 농도가 감소하여 갑상샘에서 티록신 분비가 감소하며, 물질대사도 감소한다.

(나) 갑상샘을 제거하면 혈중 티록신 농도의 감소로 물질대사

는 감소하고, 피드백에 의해 TSH 분비량은 증가한다.
(다) 티록신을 주사하여 혈중 티록신 농도가 증가하면 물질대사는 증가하지만, 피드백에 의해 TSH 분비는 억제된다.

자료 분석 노하우

티록신 분비는 음성 피드백에 의해 조절된다. 즉, 높아진 티록신 농도가 시상 하부와 뇌하수체 전엽의 활동을 억제하여 TRH(TSH 방출 호르몬)와 TSH 분비를 억제한다. 반대로, 낮아진 티록신 농도는 시상 하부와 뇌하수체 전엽의 활동을 촉진하여 TRH와 TSH 분비를 촉진한다.

**314** ㄱ. 추울 때 외부로의 열 발산이 억제되며, 체내 열 발생이 촉진된다.
ㄴ. A는 교감 신경에 의해 피부 모세 혈관이 수축되어 열 발산량이 줄어드는 과정이다.
ㄷ. B는 티록신에 의해 세포의 물질대사가 촉진되어 열 발생량이 증가하는 과정이다.

**315** ③ 티록신에 의해 간과 근육에서 물질대사가 촉진되면 체내에서 열이 많이 발생한다.
[오답피하기] ① 체온 조절의 중추는 간뇌의 시상 하부이다.
② 추울 때는 교감 신경의 작용으로 열 발산이 억제된다.
④ 추울 때는 티록신에 의해 간과 근육에서 세포 호흡이 촉진되므로 산소 소비량이 증가하고, 열 발생량이 증가한다.
⑤ 피부 모세 혈관이 수축되면 피부 표면 쪽을 지나는 혈액량이 줄어들면서 열 발산이 억제된다.

**316** ㄱ. 저온 자극을 받으면 갑상샘에서 티록신이 분비되어 물질대사가 촉진됨으로써 열 발생이 촉진되고, 피부 모세 혈관은 수축하여 열 발산이 억제된다.
[오답피하기] ㄴ. ㉠ → ㉡ → ㉢은 호르몬에 의한 조절 과정이므로 신경에 의한 자극 전달 과정인 ㉣보다 느리다.
ㄷ. ㉣은 교감 신경의 직접적인 자극에 의해 피부 모세 혈관이 수축되는 과정이다.

**317** ㄱ. 추울 때는 교감 신경의 작용으로 피부 모세 혈관이 수축됨으로써 열 발산량이 감소된다.
ㄴ. 추울 때는 입모근이 수축되어 털을 세움으로써 체내에서 생성된 열이 외부로 빠져나가는 것이 억제된다.
[오답피하기] ㄷ. 더울 때는 피부 모세 혈관이 확장되며, 이로 인해 열 발산이 촉진된다.

**318** ㄱ. 호르몬 A는 간세포에서 포도당이 글리코젠으로 합성되는 과정을 촉진하므로 인슐린이다. 인슐린(A)은 이자섬의 $\beta$ 세포에서 분비되므로 내분비샘 X는 이자섬이다.
ㄷ. 정상인은 식사 후 인슐린(A) 분비가 증가한다.
[오답피하기] ㄴ. 호르몬은 혈관으로 분비되어 혈액을 따라 이동한다. ㉠은 이자에서 십이지장으로 연결된 분비관(이자관)으로, 이자에서 생성된 소화액인 이자액이 분비되는 통로이다.

오개념 피하는 노하우

이자는 소화액(이자액)을 분비하는 외분비샘이면서 동시에 호르몬(인슐린, 글루카곤)을 분비하는 내분비샘이다. 이자액은 십이지장과 연결된 분비관(이자관)을 통해 분비되며, 호르몬은 이자섬을 둘러싼 모세 혈관으로 분비된다.

**319** 호르몬 X는 이자에서 분비되어 혈당량을 감소시키므로 인슐린이다.
ㄴ. 인슐린(X)이 생성되지 않으면 식사 후 높아진 혈당량이 잘 낮아지지 않으며, 혈당량이 높게 유지되므로 당뇨병에 걸리게 된다.
ㄷ. 간에서 인슐린(X)에 의해 포도당이 글리코젠으로 합성되는 반응이 촉진된다.
[오답피하기] ㄱ. A는 간뇌에서 나와 이자를 자극하여 인슐린(X)을 분비하게 하는 것이므로 부교감 신경이다. 혈액을 통해 이동하는 것은 인슐린(X)이며, 신경은 직접 자극을 전달한다.

**320** ㄱ. (가)는 혈당량 조절 과정에서 아드레날린을 분비하는 기관이므로 부신 속질이다.
ㄴ. 호르몬 A는 이자에서 분비되어 혈당량을 감소시키므로 인슐린, 호르몬 B는 이자에서 분비되어 혈당량을 증가시키므로 글루카곤이다. 인슐린(A)과 글루카곤(B)은 서로 길항 작용을 한다.
[오답피하기] ㄷ. 인슐린(A)을 분비하도록 이자를 자극하는 신경은 부교감 신경이며, 글루카곤(B)을 분비하도록 이자를 자극하는 신경은 교감 신경이다.

**321** 호르몬 A는 인슐린, 호르몬 B는 글루카곤이다.
ㄷ. 식사 후에는 혈당량이 증가하므로 이를 감소시키기 위해 이자의 분비 세포에서 인슐린이 분비되어 간에서 글리코젠이 합성되고, 세포에서 포도당 흡수가 촉진되는 (가) 과정이 활발하게 일어난다.
[오답피하기] ㄱ. 혈당량이 감소하면 ㉠ 과정을 통해 이자에서 글루카곤(B)의 분비가 증가한다. 이때 글루카곤(B)의 분비를 촉진하는 것은 교감 신경이다.
ㄴ. 인슐린(A)과 글루카곤(B)은 혈당량에 따라 각각 적정량이 분비되면서 길항 작용을 통해 혈당량을 일정하게 조절한다. 인슐린(A)이 분비될 때 글루카곤(B)은 분비되지 않고, 글루카곤(B)이 분비될 때 인슐린(A)이 분비되지 않는 것은 아니다.

**322** ④ 당질 코르티코이드와 아드레날린(에피네프린)은 모두 고분자 물질인 글리코젠과 단백질, 지질을 저분자 물질인 포도

당으로 전환하는 과정을 촉진하므로 이화 작용을 촉진한다.

[오답피하기] ① A는 시상 하부의 명령으로 부신 속질을 자극하여 아드레날린(에피네프린)을 분비하게 하므로 교감 신경이다.

② 뇌하수체 전엽에 이상이 생기면 ACTH의 분비가 줄어들게 되므로 부신 겉질 호르몬의 분비가 감소한다.

③ 당질 코르티코이드가 과다하게 분비되면 시상 하부로 피드백된다. 그 결과 뇌하수체 전엽에서 ACTH의 분비가 감소한다.

⑤ 당질 코르티코이드와 아드레날린(에피네프린)은 피드백 작용에 의해 분비량이 조절된다.

**323** ㄱ. 부교감 신경에 의해 이자의 $\beta$ 세포에서 인슐린이 분비되며, 인슐린에 의해 포도당이 글리코젠으로 합성되는 반응이 촉진되어 혈당량이 감소된다.

ㄴ. 이자섬의 $\alpha$ 세포에서 글루카곤이 분비되어 혈당량을 증가시키며, 부신 속질에서 아드레날린(에피네프린)이 분비되어 혈당량이 증가된다.

ㄷ. 혈당량의 조절은 내분비계에서 분비되는 호르몬에 의한 조절뿐만 아니라 신경계인 교감 신경과 부교감 신경도 함께 작용하여 이루어진다.

**324** ㄷ. 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 ADH의 분비가 증가하면 혈액의 농도가 낮아지므로 삼투압은 감소하게 된다.

[오답피하기] ㄱ. ADH는 수분이 부족할 때 뇌하수체 후엽에서 분비되어 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 호르몬이므로 콩팥에 작용한다.

ㄴ. 염분 섭취가 많으면 삼투압이 증가하므로 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하기 위해 ADH의 분비가 증가한다.

**325** ㄱ. ㉠이 증가할수록 혈중 ADH 농도가 감소하므로 ㉠은 전체 혈액량이다.

[오답피하기] ㄴ. $t_1$일 때는 안정 상태일 때보다 혈중 ADH 농도가 높아 수분을 더 많이 재흡수한다. 그러므로 오줌의 삼투압은 $t_1$일 때가 안정 상태일 때보다 높다.

ㄷ. 콩팥의 단위 시간당 수분 재흡수량은 혈중 ADH 농도와 비례한다. 그러므로 단위 시간당 수분 재흡수량은 $t_2$일 때가 안정 상태일 때보다 많다.

**326** ㄷ. 짠 음식을 많이 먹으면 혈중 $Na^+$양이 과잉 상태가 되어 혈장 삼투압이 높아지고, 알도스테론(무기질 코르티코이드)의 분비가 감소하여 콩팥에서 $Na^+$의 재흡수가 감소한다. 그 결과 오줌으로 빠져나가는 $Na^+$양이 증가한다.

[오답피하기] ㄱ. 혈중 $Na^+$양이 감소하면 혈장 삼투압이 낮아지고, 알도스테론(무기질 코르티코이드)의 분비가 증가하여 콩팥에서 $Na^+$의 재흡수가 증가한다. 그 결과 오줌으로 빠져나가는 $Na^+$양이 감소한다.

ㄴ. 알도스테론(무기질 코르티코이드)은 콩팥에서 $Na^+$의 재흡수를 촉진하는 호르몬이다.

**327** 호르몬 A는 혈장 삼투압이 높아질 때 혈중 농도가 높아지는 것을 통해 항이뇨 호르몬(ADH)임을 알 수 있다.

ㄴ. 혈장 삼투압이 정상값보다 높아지면 항이뇨 호르몬(ADH)에 의해 콩팥에서 수분의 재흡수가 촉진되어 혈액량이 증가한다.

ㄷ. 알도스테론(무기질 코르티코이드)은 콩팥에서 $Na^+$의 재흡수를 촉진하는 호르몬이다.

[오답피하기] ㄱ. 항이뇨 호르몬(ADH)(A)은 콩팥에서 수분의 재흡수를 촉진하여 혈압을 상승시키므로 고혈압 환자의 치료제로 이용될 수 없다.

## 내신완성 1등급문제 p.97

**328** ⑤ **329** ① **330** ⑤ **331** ② **332** 해설 참조

**328** ㄴ. 티록신의 주성분인 아이오딘의 섭취가 중단되면 티록신이 생성되지 않으므로 음성 피드백에 의해 TRH와 TSH의 분비가 촉진된다. Ⅱ 구간에서 TSH의 농도가 증가한 것은 TRH의 분비가 증가했기 때문이다.

ㄷ. 뇌하수체 전엽이 제거되면 TSH가 분비되지 않으므로 Ⅲ 구간에서는 갑상샘 호르몬인 티록신의 분비가 감소한다.

[오답피하기] ㄱ. 티록신이 주입되면 피드백에 의해 TRH의 분비가 감소하며, 뇌하수체 전엽의 활동이 억제되어 TSH의 분비도 감소된다.

**329** ㄱ. 호르몬 X는 항이뇨 호르몬(ADH)이다. 간뇌의 시상 하부는 체내 삼투압에 따라 뇌하수체 후엽에서의 항이뇨 호르몬(ADH) 분비를 조절한다.

[오답피하기] ㄴ. 땀을 많이 흘리면 체내의 물이 많이 빠져나가 혈장 삼투압이 높아진다. 혈장 삼투압이 높아지면 혈중 항이뇨 호르몬(X)의 농도가 증가하므로 $p_1$일 때 땀을 많이 흘리면 혈중 X 농도는 증가한다.

ㄷ. 구간 Ⅰ은 물을 섭취하고 약 60분이 지난 후이며, 이때 오줌의 삼투압이 크게 낮아진 것은 물의 섭취로 인해 오줌에 물이 많이 포함되었기 때문이다. 구간 Ⅱ에서는 구간 Ⅰ에 비해 오줌의 삼투압이 높은데 오줌에 물이 적게 포함되었기 때문이다. 그러므로 생성되는 오줌의 양은 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 많다.

**330** ㄱ. 피부 근처의 모세 혈관이 수축하면 혈액 속의 열이 체외로 나가는 것이 억제된다.

ㄷ. 부신은 속질과 겉질에서 각각 아드레날린(에피네프린)과 당질 코르티코이드를 분비한다. 아드레날린(에피네프린)은 교감 신경의 자극을 받아 분비되며, 당질 코르티코이드는 내

분비계인 호르몬의 자극을 받아 분비된다.

[오답피하기] ㄴ. 열 발생량이 증가하여 체온이 상승하면 피드백에 의해 간뇌의 시상 하부는 티록신의 분비를 억제한다.

**331** ② 수박을 많이 먹으면 혈장 삼투압이 낮아지므로 콩팥에서의 수분 재흡수가 줄어들어야 한다. 그러므로 과정 (나)를 통해 조절되는 항이뇨 호르몬의 분비가 억제된다.

[오답피하기] ① 뇌하수체 전엽에서 분비되는 갑상샘 자극 호르몬에 의해 갑상샘에서 티록신이 분비되는 과정은 (가)에 해당한다.

③ 자율 신경(교감 신경)을 통해 부신 속질에서 아드레날린(에피네프린)이 분비되어 혈당량이 증가하는 과정은 (다)에 해당한다.

④ 추울 때 교감 신경의 작용으로 피부 모세 혈관이 수축되어 열 발산을 억제하는 과정은 (라)에 해당한다.

⑤ 과정 (라)는 자율 신경만으로 조절되고, (가)~(다)는 호르몬에 의해 조절되므로 (라)는 (가)~(다)보다 신호 전달 속도가 더 빠르다.

**332** 서술형 해결전략

**Step ① 문제 포인트 파악**

혈당량 조절에 관여하는 호르몬인 인슐린과 글루카곤의 기능을 정확히 구분하여 알고 있어야 한다.

**Step ② 관련 개념 모으기**

❶ 고혈당일 때 혈당량이 감소되기까지 과정은?

→ 고혈당 → 부교감 신경 → 이자의 $\beta$ 세포에서 인슐린 분비 → 간에서 포도당을 글리코젠으로 합성하여 저장하는 작용 및 세포에서 포도당의 흡수 촉진 → 혈당량 감소

❷ 저혈당일 때 혈당량을 높이는 호르몬과 분비 기관은?

→ 글루카곤－이자, 아드레날린(에피네프린)－부신 속질, 당질 코르티코이드－부신 겉질

❸ 인슐린과 글루카곤의 관계는?

→ 인슐린과 글루카곤은 서로 반대되는 작용, 즉 길항 작용을 한다. 인슐린은 혈당량을 감소시키고, 글루카곤은 혈당량을 증가시킨다.

모범답안 이자의 $\beta$ 세포에서 분비되는 인슐린이며, 포도당을 글리코젠으로 합성하는 과정과 세포의 포도당 흡수를 촉진하여 혈당량을 감소시킨다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 분비량이 증가하는 호르몬과 이 호르몬의 분비 장소 및 기능을 모두 옳게 설명한 경우 | 8점 |
| 분비량이 증가하는 호르몬과 이 호르몬의 분비 장소만 옳게 설명한 경우 | 6점 |
| 분비량이 증가하는 호르몬과 이 호르몬의 기능만 옳게 설명한 경우 | 6점 |

## 11 방어 작용

핵심 문제로 개념 마무리 p.99

**1** (1) × (2) ○ (3) × (4) × (5) × **2** (1) 라이소자임 (2) 비특이적, 후천성 (3) T 림프구, 세포성 면역 (4) 기억, 항체

**1** (1) 바이러스에 의한 질병은 항바이러스제를 이용하여 치료한다.

(2) 비감염성 질병은 병원체 없이 발생하는 질병으로 환경, 유전 등이 원인이며, 고혈압, 당뇨병, 암은 이에 속한다.

(3) 세균은 핵이 없으나 핵산인 DNA와 RNA는 있다.

(4) 1차 방어 작용에서 식균 작용은 백혈구에 의해 일어나며, 2차 방어 작용의 B 림프구와 T 림프구도 백혈구의 일종이다.

(5) A형 표준 혈청에는 응집소 $\beta$가 존재한다. 응집원은 혈청이 아니라 적혈구 표면에 존재한다.

**2** (1) 라이소자임은 세균의 세포벽을 분해하는 효소로, 세균을 죽이는 역할을 하며, 땀이나 눈물 등에 포함되어 있다.

(2) 1차 방어 작용은 병원체의 종류를 가리지 않고 일어나는 비특이적 면역이며, 2차 방어 작용은 병원체의 종류를 인식하고 이에 따라 반응하는 특이적 면역이다.

(3) 세포성 면역은 세포 독성 T 림프구가 항원에 감염된 세포나 암세포를 직접 파괴하는 면역이다.

(4) 항원의 1차 침입 시 B 림프구는 기억 세포와 형질 세포로 분화한다.

내신분석 **기출문제** pp.100~105

**333** ① **334** ④ **335** ② **336** ① **337** ④ **338** ① **339** ③ **340** ②
**341** ① **342** ② **343** 해설 참조 **344** ⑤ **345** ⑤ **346** ① **347** ①
**348** ③ **349** ④ **350** ② **351** ④ **352** ⑤ **353** ② **354** ③
**355** 영수 : AB형, 영준 : O형 **356** ② **357** ④ **358** ② **359** ④

**333** ㄱ. 감염성 질병은 다른 사람에게 전염되는 질병으로 바이러스, 세균, 곰팡이, 기생충 등이 우리 몸에 침입했을 때 발생한다. 감기, 결핵, 폐렴은 감염성 질병이고, 고혈압은 비감염성 질병이다.

[오답피하기] ㄴ. 세포로 되어 있는 병원체는 결핵균과 폐렴균이므로, '질병을 일으키는 병원체는 세포 구조를 갖추고 있다.'는 ㉡에 해당한다.

ㄷ. '타인에게 전염되지 않는다.'는 비감염성 질병이므로 고혈압에만 해당한다.

**334** (가)는 결핵의 원인이 되는 세균인 결핵균이며, (나)는 독감의 원인이 되는 바이러스인 독감 바이러스이다.

ㄱ. 세균(가)은 핵이 없는 단세포 원핵생물이지만 효소가 있어 스스로 물질대사를 하며, 하나의 독립된 세포로서 숙주 없이도 살아갈 수 있다.

ㄷ. 세균(가)과 바이러스(나)는 모두 핵산을 가지고 있다. 세균(가)은 핵산으로 DNA와 RNA를 모두 가지며, 바이러스(나)는 핵산으로 DNA를 가진 것과 RNA를 가진 것으로 구분된다.

[오답피하기] ㄴ. 바이러스(나)는 비세포 구조로, 핵산과 단백질 껍질로만 구성되므로 핵막이 없다.

**335** ② 프라이온은 바이러스보다 훨씬 작은 단백질성 감염 입자로 핵산이 없다.

[오답피하기] ① 프라이온은 뇌세포 속에 존재하는 정상 단백질이지만, 비정상적인 구조로 바뀌어 변형 프라이온이 되며, 정상 프라이온이 변형 프라이온과 접촉하면 변형 프라이온이 되어 그 수가 증가한다. 변형 프라이온은 감염성 질병을 일으키는 단백질성 감염 입자이다.

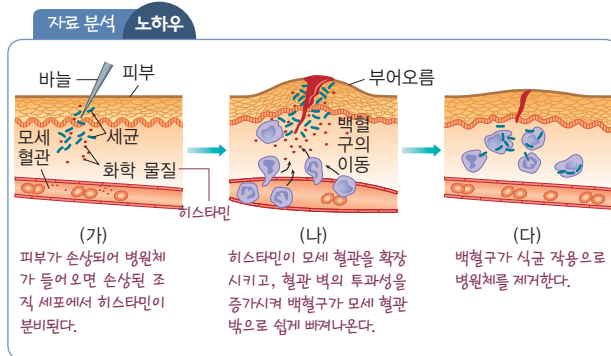
③ 과정 (가)에서 정상 프라이온이 변형 프라이온으로 변한다.

④ 과정 (나)에서 변형 프라이온은 정상 프라이온과 연쇄적으로 결합하면서 계속 변형 프라이온을 생산한다.

⑤ 변형 프라이온은 매우 안정적인 구조를 하고 있으며, 끓이거나 삶더라도 파괴되거나 제거되지 않는다.

**336** ㄱ. 피부가 바늘에 찔려 손상되면 상처 부위의 비만 세포에서 화학 물질인 히스타민을 분비하고, 히스타민은 모세 혈관을 확장시켜 혈류량을 증가시킨다.

[오답피하기] ㄴ. 백혈구에 의한 식균 작용은 1차 방어 작용에 해당한다. 1차 방어 작용에는 피부와 점막에서의 병원체 침입 차단, 백혈구에 의한 식균 작용, 병원체가 피부나 점막을 뚫고 침입했을 때 나타나는 염증 반응 등이 있다.

ㄷ. (다)에서 백혈구에 의한 식균 작용은 1차 방어 작용으로 비특이적 면역이며, 선천적 면역이다.

**337** ④ 1차 방어 작용은 선천성 면역에 해당하며, 병원체의 종류를 가리지 않는 반응이다. 항원 항체 반응은 후천성 면역인 2차 방어 작용에 해당한다.

[오답피하기] ① 1차 방어 작용은 태어날 때부터 자신을 보호하기 위해 선천적으로 얻게 되는 면역 작용이다.

② 1차 방어 작용은 병원체의 종류를 가리지 않는 비특이적 면역이다.

③ 대식 세포에 의한 식균 작용은 몸의 내부로 침입한 병원체를 백혈구(대식 세포)가 제거하는 것이므로 1차 방어 작용 중 내부 방어 작용에 해당한다.

⑤ 라이소자임은 세균의 세포벽을 분해하는 효소로, 몸 표면에 세균을 죽여 세균이 체내로 들어오는 것을 막는 1차 방어 작용을 한다.

**338** ㄱ. (가)는 1차 방어 작용, (나)는 2차 방어 작용이다. 1차 방어 작용은 선천성 면역이며, 2차 방어 작용은 후천성 면역이다.

[오답피하기] ㄴ. 1차 방어 작용(가)은 병원체의 종류를 가리지 않는 비특이적 면역이다. 2차 방어 작용(나)은 병원체를 인식하고 병원체에 따라 다르게 방어하는 특이적 면역이다.

ㄷ. 1차 면역 반응과 2차 면역 반응은 모두 체액성 면역에 해당한다. 1차 면역 반응은 항원이 처음 침입했을 때 B 림프구가 형질 세포로 분화되어 항체를 만드는 것이며, 2차 면역 반응은 같은 항원의 재침입 시 기억 세포가 관여하여 빠르게 항체를 만드는 것이다.

**339** ③ 혈액이 응고되는 것은 혈소판 속의 트롬보키네이스에 의한 효소 반응이다.

[오답피하기] ① 독감 백신은 약화시킨 항원이다.

②, ⑤ 알레르기 반응, 혈액과 표준 혈청의 응집 반응은 항원 항체 반응이다.

④ $Rh^{+}$형의 혈액에는 Rh 응집원(항원)이 있어 $Rh^{-}$형에게 수혈하면 $Rh^{-}$형의 체내에 Rh 응집소(항체)가 형성된다. 응집소가 형성된 $Rh^{-}$형에게 $Rh^{+}$형의 혈액을 다시 수혈하면 체내에서 응집 반응이 일어난다.

**340** ㄴ. 구간 a에서 T 림프구 수와 HIV 항체가 증가하는 것은 T 림프구가 B 림프구를 활성화시켜 항체가 생성되었기 때문이다. 이 구간에서 HIV의 일부가 제거된다.

[오답피하기] ㄱ. T 림프구는 세포성 면역을 담당하며, 항체 생성을 돕지만 직접 항체를 생성하지 못한다.

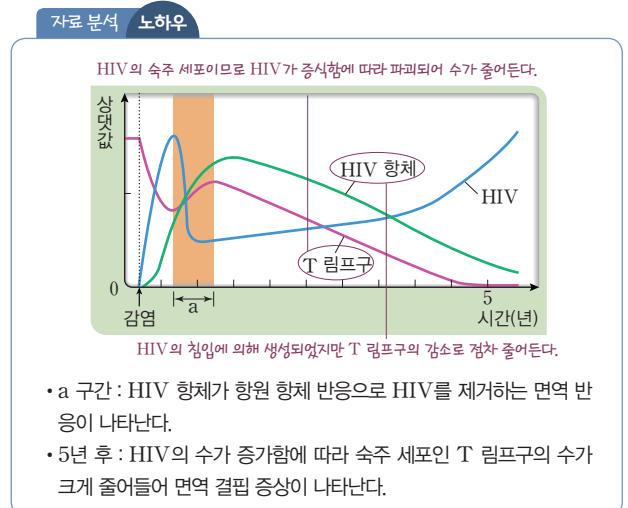
ㄷ. T 림프구 수가 줄어들면 T 림프구의 영향을 받는 B 림프구가 정상적으로 작용하지 못해 체액성 면역은 감소한다.

자료 분석 노하우

HIV의 숙주 세포이므로 HIV가 증식함에 따라 파괴되어 수가 줄어든다.

상댓값 / HIV 항체 / HIV / T 림프구 / 0 / 감염 / a / 5 / 시간(년)

HIV의 침입에 의해 생성되었지만 T 림프구의 감소로 점차 줄어든다.

• a 구간 : HIV 항체가 항원 항체 반응으로 HIV를 제거하는 면역 반응이 나타난다.
• 5년 후 : HIV의 수가 증가함에 따라 숙주 세포인 T 림프구의 수가 크게 줄어들어 면역 결핍 증상이 나타난다.

**341** ㄱ. 세균 X에 감염되면 백혈구(비만 세포)에서 여러 가지 화학 신호 물질이 분비되며, 우리 몸에 염증 반응이 일어난다.

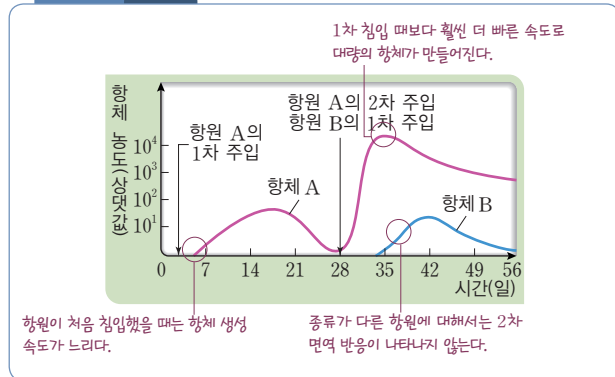
[오답피하기] ㄴ. 면역 반응 Ⅱ에서 대식 세포가 보조 T 림프구에 항원 조각을 제시하는 반응과 이 보조 T 림프구가 B 림프구의 항체 생성을 활성화하는 반응이 일어난다. 따라서 면역 반응 Ⅱ에 관여하는 세포에는 B 림프구 이외에도 대식 세포와 T 림프구가 있다.

ㄷ. X에 대한 형질 세포는 X에 대한 항체를 생성하는 세포이다. 기억 세포로 분화되는 것은 활성화된 B 림프구이다.

**342** ㄷ. 그림을 통해 항원 A를 2차 주입했을 때 1차 주입 때보다 훨씬 빠른 속도로 많은 양의 항체 A가 만들어지는 것을 알 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 항원 A가 2차 주입되었을 때 기억 세포가 항원을 인식하여 형질 세포와 기억 세포로 분화되고, 형질 세포에서 항체를 생산한다.

ㄴ. 항체는 항원이 사라지면 그 수가 줄어든다.

자료 분석 노하우

**343** 한번 주입했던 항원을 다시 주입하면 이전에 들어온 항원에 의해 생성되었던 기억 세포가 형질 세포로 분화되면서 항체를 생성하므로 빠르게 항체가 생성된다.

**모범답안** 항원 B는 처음 주입했으므로 항체 B의 생성 속도가 느리지만, 항원 A는 2차 주입했으므로 1차 주입 시 생성된 기억 세포의 작용으로 매우 빠르게 항체 A가 생성된다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 항원 A의 2차 주입과 항원 B의 1차 주입의 차이를 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 항원 A의 2차 주입 시 나타나는 특징과 항원 B의 1차 주입 시 나타나는 특징 중 하나만 옳게 설명한 경우 | 3점 |

**344** ㄱ. ㉠은 체내로 침입한 세균을 대식 세포가 잡아먹는 식균 작용이다. 이 과정은 1차 방어 작용이며, 병원체의 종류를 가리지 않고 일어나는 비특이적 방어 작용이다.

ㄴ. ㉡은 T 림프구가 세균에 감염된 세포를 직접 파괴하는 것이므로 2차 방어 작용 중 세포성 면역이다.

ㄷ. 항체는 세균과 결합하여 세균을 무력화시키거나 덩어리를 만들어 식균 작용이 쉽게 일어나게 한다.

**345** ㄱ. (가)는 백신을 이용한 면역 방법이다. 백신은 병원체를 배양한 후 독성을 약화시켜 만든 것인데, (가)에서는 백신 X를 쥐에게 주사하여 다음에 실제 병원균이 들어왔을 때 2차 면역 반응에 의해 빠르게 병원체가 제거되어 쥐 A가 병에 걸리지 않게 된 것이다.

ㄷ. (나)에서 주사한 혈청에는 병원균 X와 항원 항체 반응을 하는 항체가 들어 있다.

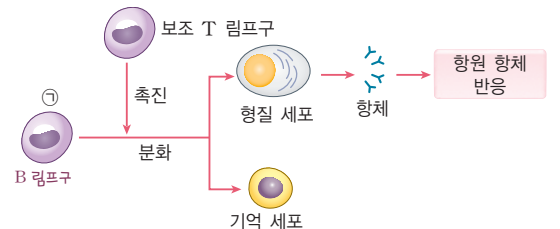
[오답피하기] ㄴ. (나)는 병원균 X에 대해 면역력을 가지는 동물의 혈청, 즉 병원균 X에 대한 항체가 존재하는 혈청을 주사하는 방법이므로 예방을 목적으로 하는 백신의 원리와는 다르다. 백신의 원리는 (가)에 해당한다.

**346** ㄱ. B 림프구(㉠)에서 분화된 형질 세포가 항체를 만들어 체액으로 내보내 항원을 제거하는 면역 반응은 체액성 면역이다.

[오답피하기] ㄴ. 그림은 보조 T 림프구에 의해 B 림프구(㉠)가 기억 세포와 형질 세포로 분화하는 과정을 나타낸 것이다. B 림프구(㉠)는 골수에서 생성되어 골수에서 성숙되며, T 림프구는 골수에서 생성되어 가슴샘(흉선)에서 성숙된다.

ㄷ. 동일한 병원체인 X가 2차 침입할 때는 1차 침입 시 T 림프구의 도움을 받은 B 림프구(㉠)의 일부가 기억 세포로 분화되어 있으므로 그 기억 세포가 다시 기억 세포와 형질 세포로 분화되고, 형질 세포로부터 다량의 항체가 빠르게 생성된다. 보조 T 림프구는 항체를 생성하지 못한다.

자료 분석 노하우

■ **체액성 면역**

- 1차 면역 반응 : 골수에서 생성된 B 림프구(㉠)가 보조 T 림프구의 도움을 받아 특정 항원을 기억하는 기억 세포와 항체를 생산하는 형질 세포로 분화된다.
- 2차 면역 반응 : 동일한 종류의 항원에 다시 감염되면 기억 세포가 형질 세포와 기억 세포로 분화되고, 형질 세포는 다량의 항체를 빠르게 만든다.

**347** ㄱ. 세포 (가)는 백혈구의 일종인 대식 세포로, 세균을 잡아먹은 다음 소화하여 그 조각을 표면에 제시한다. 이 반응은 1차 방어 작용이다.

[오답피하기] ㄴ. 물질 X는 T 림프구에서 생성된 것이다. 항체는 B 림프구에서 분화된 형질 세포에서 생성된다.

ㄷ. 붉은 반점이 나타난 사람은 T 림프구가 활성화된 상태이므로 세균의 침입으로 면역이 생긴 상태이다. 따라서 백신은 붉은 반점이 나타나지 않는 사람에게 접종한다.

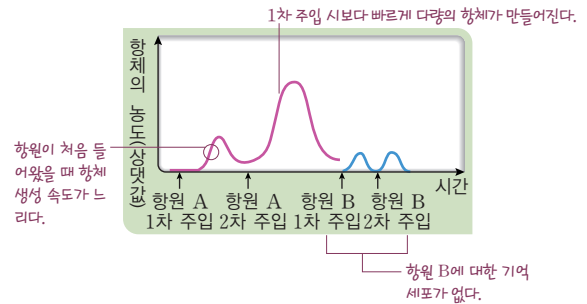
**348** ㄱ. 항체의 구조상 하나의 항체에는 항원 결합 부위가 두 군데 있으므로 최대 2개의 항원과 결합이 가능하다.
ㄴ. 한 종류의 항체는 항원 표면에 있는 항원의 특정 부위에만 작용한다.
[오답피하기] ㄷ. 하나의 세균은 여러 종류의 항원 결정기를 가지고 있으므로 여러 종류의 항체와 반응할 수 있다.

**349** 백신은 독성이 제거되었거나 약화된 항원으로, 백신 접종을 받으면 우리 몸에 기억 세포가 형성되어 같은 항원이 다시 침입하였을 때 빠르게 항체가 생성되므로 질병을 예방할 수 있다.

**350** 백신을 처리하고 병원체를 주사한 쥐가 아무 처리도 하지 않고 병원체를 주사한 쥐보다 생존율이 높은 것은 백신에 의해 항체와 기억 세포가 만들어졌기 때문이다.
[오답피하기] ⑤ 항원에 대한 항체는 항원이 체내에서 사라지면 그 수가 감소한다.

**351** ㄴ. 같은 항원 X가 2차 침입한 경우이므로, (나)는 1차 면역 반응에서 증식된 B 림프구 중 일부가 기억 세포로 남아 있다가 기억 세포는 바로 형질 세포로 분화하여 신속하게 다량의 항체를 만들어 항원을 제거한다.
ㄷ. (나)에서는 항원 X의 재침입으로 다량의 항체가 빠르게 만들어지는 2차 면역 반응이 일어났다.
[오답피하기] ㄱ. (가)의 $t_1$에서는 형질 세포가 소량의 항체 X를 생성한다. (나)의 $t_2$에서는 1차 면역 반응에서 만들어진 기억 세포가 형질 세포로 분화하여 다량의 항체를 빠르게 생성한다. 이때 기억 세포가 직접 항체 X를 생성하는 것은 아니다.

**352** ㄱ. 쥐 $B_2$와 $C_2$는 항원을 주사했으므로 기억 세포가 생성된다.
ㄴ. 쥐 A는 항원 X를 주사하였으므로 항원 X에 대한 항체가 생성된다.
ㄷ. 쥐 $B_2$는 기억 세포의 작용으로 쥐 $C_2$보다 빠르게 항체를 생성하는 2차 면역 반응이 나타난다.

**353** ㄴ. 항원 B를 2차 주입했을 때 항체의 농도 변화 양상이 1차 주입했을 때와 같은 것은 항원 B에 대한 기억 세포가 없기 때문이다.
[오답피하기] ㄱ. 항원 A에 대한 항체는 2차 주입 시 신속하게 많은 양이 생성되었지만, 항원 B에 대한 항체는 2차 주입 시에도 소량만 생성되었다. 항체의 생성량이 적다고 해서 감염력이 약하다고 단정할 수 없으며, 오히려 항체가 적게 생산됨으로 인해 감염이 더 잘 될 수도 있다.
ㄷ. 항원 A의 1차 주입 시와 2차 주입 시 생성되는 항체의 농도 차이는 같은 항원이 시간을 두고 2번 들어올 경우 1차 주입 시 생성된 기억 세포에 의해 더 빠르게 항체를 만들 수 있기 때문이다. 항원 항체 반응은 특이성이 있으므로 항원이 같다면 이 항원에 의해 생성되는 항체의 종류는 같다.

**354** ㄱ, ㄴ. (가)는 골수에서 생성되고 성숙하는 림프구로, 형질 세포로 분화되어 항체를 생성하는 B 림프구이다. (나)는 골수에서 생성된 후 가슴샘(흉선)에서 성숙하는 T 림프구이다. 림프구는 백혈구의 일종이다.
[오답피하기] ㄷ. 동일한 항원이 다시 침입하면 이 항원을 기억하는 기억 세포가 형질 세포로 분화되어 항체를 생성한다. T 림프구(나)는 직접 항체를 생성하지 않는다.

**355** 영철의 혈액이 응집소 $\alpha$가 들어 있는 항 A 혈청(B형 표준 혈청)에만 응집되므로 영철은 A형임을 알 수 있다. 영철은 영수에게만 소량 수혈할 수 있고, 영수는 영철과 영준에게 수혈할 수 없으므로 영수는 AB형이다. 그리고 영준은 영철과 영수 모두에게 소량 수혈할 수 있으므로 응집원이 없는 O형이다.

**356** 철수는 $Rh^+$ A형, 순희는 $Rh^+$ O형, 영철은 $Rh^-$ B형, 영희는 $Rh^+$ AB형이다.
ㄷ. 응집소 $\beta$를 가지는 혈액형은 A형과 O형이다. 철수는 A형이므로 응집소 $\beta$를 가지고, 순희는 O형이므로 응집소 $\alpha$와 $\beta$를 모두 가진다.
[오답피하기] ㄱ. 영철의 Rh식 혈액형이 $Rh^-$형이므로 $Rh^+$형인 순희에게 수혈할 수 있으나, 영철의 ABO식 혈액형이 B형이므로 O형인 순희에게 소량이라도 수혈할 수 없다.
ㄴ. 영철은 $Rh^-$형이므로 Rh 응집원과 응집소가 모두 없다. $Rh^-$형의 경우 $Rh^+$형의 혈액이 들어오면 응집소가 생성된다.

오개념 피하는 노하우

- ABO식 혈액형 : 같은 혈액형끼리 수혈하는 것이 일반적이다. 이론적으로 혈액을 주는 사람의 응집원과 받는 사람의 응집소 사이에 응집 반응이 일어나지 않으면 다른 혈액형이라도 소량 수혈이 가능하다.
- Rh 혈액형 : 같은 혈액형끼리 수혈이 가능하며, Rh 응집원에 노출되지 않은 $Rh^-$형은 $Rh^+$형에게 수혈할 수 있다.

**357** ㄴ. 응집원 B를 가지고 있는 혈액형은 B형과 AB형이다. (나)는 A형 표준 혈청(항 B 혈청)에만 응집 반응을 보이므로 B형이다.
ㄷ. (라)는 A형 표준 혈청과 B형 표준 혈청에 모두 응집되지 않으므로 O형이다. O형은 응집원이 없으므로 다른 혈액형에

게 모두 소량 수혈이 가능하다.

[오답피하기] ㄱ. (가)는 B형 표준 혈청(항 A 혈청)에만 응집 반응을 보이므로 A형이고, 응집소 $\beta$를 가진다. (다)는 A형 표준 혈청과 B형 표준 혈청에 모두 응집되므로 AB형이고, AB형은 응집소가 없다.

자료 분석 노하우

**358** ㄷ. O형은 응집원이 없으므로 응집소가 있는 다른 혈액형에게 소량 수혈할 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. Rh식 혈액형의 경우 응집원이 들어오면 응집소가 형성되지만, ABO식 혈액형의 경우 태어날 때부터 응집소를 가지고 있다. 응집소 $\alpha$는 B형과 O형에 있는 응집소로, 응집원 A가 들어오지 않아도 이미 생성되어 있다.

ㄴ. AB형은 응집원 A와 B가 있어 A형에게 수혈하면 A형의 응집소 $\beta$와 응집 반응을 하고, B형에게 수혈하면 B형의 응집소 $\alpha$와 응집 반응을 하므로 AB형은 A형과 B형에게 모두 수혈할 수 없다.

자료 분석 노하우

적혈구에 있다.

| 구분 | AB형 | A형 | B형 | O형 |
|---|---|---|---|---|
| 응집원 | A, B | A | B | 응집원 없음 |
| 응집소 | 응집소 없음 | β | α | β, α |
| | 응집원 A, B | 응집원 A<br>응집소 β | 응집원 B<br>응집소 α | 응집소 α, β |

혈장에 있다.

**359** ㄱ. (가)는 응집원 B가 적혈구 표면에 있으며, 응집소 $\alpha$가 혈장에 있으므로 B형이다.

ㄴ. 응집원과 결합하여 응집 반응을 보이는 응집소 $\alpha$와 $\beta$는 혈장에 존재한다.

[오답피하기] ㄷ. (나)는 적혈구 표면에 응집원 A와 B가 모두 존재하므로 AB형이다. (다)는 적혈구 표면에 응집원이 없고 혈장에 응집소 $\alpha$와 $\beta$가 모두 존재하므로 O형이다. O형의 혈액을 AB형에게 소량 수혈할 수는 있지만 외부에서 두 혈액을 섞으면 (나)의 응집원과 (다)의 응집소 사이에 응집 반응이 일어난다.

내신완성 1등급문제 pp.106~107

**360** ③ **361** ③ **362** ② **363** ④ **364** ⑤ **365** ② **366** ①
**367** 해설 참조 **368** 해설 참조

**360** ㄱ. (가)는 세균에 의해 나타나는 질병이다.

ㄷ. 고혈압, 당뇨병은 비감염성 질병이다. 비감염성 질병(다)은 병원체 없이 일어나므로 다른 사람에게 전염되지 않으며, 주로 유전이나 환경, 생활 방식 등이 원인이 되어 나타난다.

[오답피하기] ㄴ. 독감, 간염, 홍역, 소아마비는 바이러스에 의한 질병이다. 바이러스성 질병(나)은 항바이러스제를 이용하여 치료한다. 항생제를 이용하여 치료하는 것은 세균성 질병이다.

**361** ㄷ. 인터페론은 바이러스 억제 물질이며, 항체가 생기기 전에 항체보다 먼저 바이러스와 반응한다.

[오답피하기] ㄱ. 인터페론은 바이러스의 증식을 초기에 억제한다. 바이러스의 수가 줄어들면서 인터페론의 양이 줄어들었으므로 항체에 의한 것이 아니다.

ㄴ. 바이러스 감염 후 4일이 경과했을 때는 인터페론에 의해 바이러스의 수가 좀 감소했지만, 바이러스의 수가 아직 많은 상태이므로 폐렴에 대한 면역력이 높지 않다. 폐렴에 대한 면역력이 가장 높은 때는 항체 농도가 높은 때인 10일경이다.

자료 분석 노하우

• 0~3일 : 인터페론은 바이러스가 증가함에 따라 같이 증가하므로 바이러스의 증식을 초기에 억제시키는 역할을 한다.
• 7~9일 : 바이러스의 증식을 억제시키던 인터페론이 없지만 항체가 생성되므로 바이러스가 증가하지 못한다.
• 9일 이후 : 항체의 급격한 증가로 바이러스에 대한 면역력이 높다.

**362** ㄴ. (나)는 형질 세포가 항체를 생성하고, 생성된 항체들이 혈액으로 나와 항원 항체 반응을 통해 항원을 제거하는 과정이므로 체액성 면역이다.

[오답피하기] ㄱ. (가)는 대식 세포가 항원 X를 잡아먹는 식균 작용으로 1차 방어 작용이다. 세포성 면역은 2차 방어 작

용으로, 병원체가 체내에 침입했을 때 세포 독성 T 림프구가 병원체에 감염된 세포를 직접 파괴하는 과정이다.
ㄷ. T 림프구는 골수에서 생성된 후 가슴샘에서 성숙하므로 가슴샘을 제거하면 T 림프구가 성숙되지 못하고, T 림프구가 없으면 보조 T 림프구에 의해 일어나는 B 림프구의 분화가 일어나지 않게 되므로 체액성 면역이 잘 일어나지 못한다.

**363** ㄱ. (가)는 죽은 병원균 A를 백신으로 주입하는 백신 접종 방법이다.
ㄷ. (가)에서 생존한 토끼는 혈청에 항체가 있으므로, 이 토끼의 혈청을 (나)의 환자에게 주사해도 환자가 치료된다.
[오답피하기] ㄴ. 백신은 병원체를 죽이거나 약화시킨 것이므로 항체가 아니라 약화시킨 항원이다. 따라서 (나)의 항체는 백신으로 작용하지 못한다.

**364** (가)에서 철수는 항 A 혈청에만 응집되었으므로 A형이다. (나)에서 항 A 혈청에 응집한 학생은 A형과 AB형이므로 A+AB=18이며, 항 B 혈청에 응집한 학생은 B형과 AB형이므로 B+AB=15이며, 두 혈청에 모두 응집한 학생은 AB형, 모두 응집하지 않은 학생은 O형이므로 AB+O=11이다. 이것을 연립 방정식으로 풀면 A형은 11명, B형은 8명, AB형은 7명, O형은 4명이 된다.
ㄴ. B형은 8명이므로 7명인 AB형보다 1명 더 많다.
ㄷ. 철수는 A형이므로 응집소 $\beta$를 갖는다.
[오답피하기] ㄱ. A형은 11명이다.

**365** ㄴ. Q는 A형이므로 응집원 A와 응집소 $\beta$를 갖고 있다. S는 O형이므로 응집원은 없으며, 응집소 $\alpha$와 $\beta$를 갖고 있다. Q의 응집원 A는 S의 응집소 $\alpha$와 만나 응집 반응이 일어난다.
[오답피하기] ㄱ. (나)에서 항 A 혈청에는 응집 반응이 일어나지 않고, 항 B 혈청에만 응집 반응이 일어났으므로 P는 B형임을 알 수 있다. P가 B형이므로 다른 응집원을 가진 Q는 A형, 응집원 두 가지가 적혈구 표면에 모두 있는 R는 AB형, 응집원이 없는 S는 O형이다.
ㄷ. R는 응집소가 없는 AB형으로, 응집원 A와 B가 모두 있어 다른 사람에게 수혈하지 못한다.

**366** ㄴ. 붉은털원숭이의 혈액을 토끼에게 주사했을 때 토끼에게 생긴 항체와 $Rh^+$형인 사람의 혈액을 섞었을 때 응집 반응을 보였다면 이 사람의 혈액에는 붉은털원숭이의 혈액과 동일한 응집원이 있다는 것을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄱ. $Rh^+$형인 사람의 혈액에는 붉은털원숭이와 같은 응집원이 있으며, 응집소는 없다.
ㄷ. 이 실험에서 응집 반응은 토끼의 혈청 속의 응집소와 사람 혈액의 응집원이 반응하여 일어난 것이다.

**367** 서술형 해결전략

**Step 1 문제 포인트 파악**
항체는 항원에 대항하여 만들어진 것이므로 항체가 검출된 경우 항원의 침입이 먼저 일어난 것임을 이해하고 있어야 한다.

**Step 2 자료 파악**

| 구분 | 검사 결과 | 분석 |
|---|---|---|
| A | 간염 항원과 그에 대한 항체가 모두 검출되었다. | 항원의 침입으로 항체가 생성된 경우 |
| B | 간염 항원은 없으나 그에 대한 항체가 검출되었다. | 항원이 침입했으나 항체가 항원을 모두 없애고, 항체만 남은 경우 |
| C | 간염 항원과 그에 대한 항체가 모두 검출되지 않았다. | 항원의 침입이 없었으므로 항체도 생성되지 않은 경우 |

**Step 3 관련 개념 모으기**
① 항원이란?
→ 이종 단백질, 병원체, 독소 등과 같이 우리 몸에서 면역 반응을 일으키는 이물질이다.
② 항체란?
→ 체내에 침입한 항원을 제거하기 위해 체내에서 만들어지는 물질이다.
③ 항원 항체 반응이란?
→ 항체가 항원과 결합하여 항원을 제거하거나 그 기능을 약화시키는 작용이다.

모범답안 C이며, C는 항원과 항체가 모두 검출되지 않았으므로 최근에 간염 바이러스에 감염된 적이 없다. 따라서 간염을 예방하기 위해서는 백신을 접종해야 한다.
유사답안 C이며, 아직 간염 항원이 침입하지 않았으므로 간염 예방을 위해 백신을 접종해야 한다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 예방 접종을 해야 할 사람을 쓰고 그 이유를 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 예방 접종을 해야 할 사람만 옳게 쓴 경우 | 3점 |

**368** 서술형 해결전략

**Step 1 문제 포인트 파악**
병의 예방을 목적으로 하는 백신과 치료를 목적으로 하는 면역 혈청의 차이를 정확히 알아야 한다.

**Step 2 관련 개념 모으기**
① 면역 혈청이란?
→ 다른 동물에게 병원체를 주사한 후 생성된 항체이다.
② 백신과 면역 혈청의 차이는?
→ 백신은 인위적으로 1차 면역 반응을 일으켜 기억 세포를 형성하게 함으로써 병을 예방하는 것이며, 면역 혈청은 병에 걸린 사람에게 항체를 주사하여 항원을 제거하게 함으로써 병을 치료하도록 하는 것이다.

모범답안 백신을 주사하는 것은 항원을 주사하여 병을 예방하기 위한 것이며, 면역 혈청을 주사하는 것은 항체를 주사하여 병을 치료하기 위한 것이다.

유사답안 병의 예방이 목적인 백신 주사는 죽이거나 독성을 약화시킨 항원을 주사하는 것이며, 치료가 목적인 면역 혈청 주사는 항체를 주사하는 것이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 백신과 면역 혈청의 차이를 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 백신과 면역 혈청의 뜻만 옳게 설명한 경우 | 4점 |

## III 실전대비 평가문제

pp.108~111

| 평가기준 | 정답 |
|---|---|
| **평가기준 01** 영양소가 분해되어 에너지를 얻는 과정을 물질의 전환과 관련지어 설명할 수 있고, 세포가 사용하는 에너지의 근원을 설명할 수 있다. | **369** ③ |
| **평가기준 02** 인체 내에서 소화, 순환, 호흡, 배설을 담당하는 기관의 모형을 만들고 각각의 구조와 기능과 관련하여 구체적으로 영양소, 산소, 이산화 탄소, 질소 노폐물의 이동 경로를 설명할 수 있다. | **370** ② |
| **평가기준 03** 소화계, 호흡계, 순환계, 배설계 각각의 역할을 이해하고 이들의 작용을 세포에 필요한 양분 흡수와 에너지 대사 측면에서 통합적으로 설명할 수 있다. | **371** ③ |
| **평가기준 04** 뉴런의 구조와 기능을 알고, 종류별 특징과 그에 따른 기능적 차이를 설명할 수 있다. | **372** ④ |
| **평가기준 05** 유수 신경과 무수 신경의 차이를 알고 활동 전위의 형성과 흥분의 전도, 전달 과정을 $Na^+-K^+$ 펌프와 이온 통로의 역할을 통하여 단계적으로 설명할 수 있다. | **373** ⑤ |
| **평가기준 06** 골격근의 구조를 알고, 근수축이 일어나는 과정을 활주설과 관련하여 설명할 수 있다. | **374** ③ |
| **평가기준 07** 다양한 자극에 대한 반응 경로를 각각의 신경계의 구성과 기능을 통해 통합적으로 설명할 수 있다. | **375** ②<br>**376** ③ |
| **평가기준 08** 교감 신경과 부교감 신경의 길항 작용을 몸의 조절 작용과 관련지어 예를 들어 설명할 수 있다. | **377** ① |
| **평가기준 09** 항상성 조절 중추가 피드백 조절과 길항 작용을 통해 체온과 혈당량을 일정하게 유지시키는 원리를 설명할 수 있다. | **378** ④<br>**379** ③ |
| **평가기준 10** 내분비 기관의 종류를 알고 각각에서 분비되는 호르몬 종류와 기능을 예를 들어 제시할 수 있고, 호르몬이 항상성 유지에 중요한 역할을 담당함을 설명할 수 있다. | **380** ④ |
| **평가기준 11** 질병을 일으키는 병원체의 특징을 전염성 여부, 감염이나 예방과 관련하여 설명할 수 있다. | **381** ④ |
| **평가기준 12** 항원을 인식한 후 일어나는 일련의 면역 반응을 단계적으로 설명할 수 있다. | **382** ① |
| **평가기준 13** 비특이적 방어 작용의 과정을 예를 들어 설명할 수 있다. | **383** ④ |
| **평가기준 14** 면역 반응의 원리를 바탕으로 알레르기 반응의 과정과 원리를 설명할 수 있고, 알레르기의 치료제가 어떻게 알레르기를 감소시킬 수 있는지 설명할 수 있다. | **384** ③ |

**369** (가)는 ADP, (나)는 ATP이다.

ㄱ. 포도당이 세포 호흡을 통해 완전히 산화되면 최종 분해 산물(㉠)로 $CO_2$와 $H_2O$가 생성된다.

ㄴ. ATP(나)에 저장된 에너지는 여러 형태의 에너지로 전환되어 다양한 생명 활동에 직접 이용된다.

[오답피하기] ㄷ. ATP(나)가 ADP(가)와 무기 인산으로 분해될 때 고에너지 인산 결합이 끊어지면서 에너지가 방출되므로 ADP(가)보다 ATP(나)가 가지고 있는 에너지가 많다.

**370** A는 폐정맥, B는 폐동맥, C는 콩팥 정맥, D는 콩팥 동맥이다.

ㄴ. 폐동맥(B)에는 정맥혈이 흐른다. 온몸의 조직 세포에서

생성된 이산화 탄소는 폐동맥(B)을 통해 폐로 운반되어 배출된다. 콩팥 동맥(D)은 대동맥에서 갈라져나와 콩팥으로 들어가는 혈관이므로 산소가 많은 동맥혈이 흐른다.
[오답피하기] ㄱ. A는 폐에서 심장으로 들어가는 혈액이 흐르는 폐정맥이다.
ㄷ. 콩팥에서 요소를 배출하므로 콩팥 동맥(D)이 콩팥 정맥(C)보다 요소의 농도가 높다.

**371** (가)는 호흡계, (나)는 순환계, (다)는 배설계이다.
ㄷ. 배설계(다)는 세포 호흡 결과 생성된 요소와 같은 노폐물을 오줌의 형태로 배출한다.
[오답피하기] ㄱ. 호흡계(가)는 세포 호흡에 필요한 산소를 흡수하고, 세포 호흡 결과 생성된 이산화 탄소를 배출한다. 영양소와 노폐물의 운반에 모두 관여하는 곳은 순환계(나)이다.
ㄴ. 영양소의 소화와 흡수가 일어나는 곳은 소화계이다. 순환계(나)는 소화계가 흡수한 영양소와 호흡계(가)가 흡수한 산소를 온몸의 조직 세포에 운반하고, 조직 세포에서 생성된 노폐물을 호흡계(가)나 배설계(다)로 운반하는 역할을 한다.

**372** (가)는 운동 뉴런, (나)는 감각 뉴런, ㉠은 말이집이다.
ㄴ. 시냅스 소포는 축삭돌기 말단에만 존재하므로 B쪽에 시냅스 소포가 있다.
ㄷ. 감각 뉴런(나)은 피부에 연결된 C에서 축삭돌기 말단인 B쪽으로 흥분이 전도된다.
[오답피하기] ㄱ. 말이집(㉠)은 슈반 세포의 막이 길게 늘어나 축삭을 감은 것으로 절연체 역할을 하는 부분이다. 역치 이상의 자극이 주어졌을 때 활동 전위가 나타나는 부분은 말이집과 말이집 사이의 축삭이 노출된 부분은 랑비에 결절이다.

**373** ㄱ. 뉴런이 역치 이상의 자극을 받으면 자극을 받은 부위의 $Na^+$ 통로가 열려 $Na^+$이 세포 안쪽으로 확산됨에 따라 세포 안쪽의 막전위가 상승하는 탈분극이 일어난다. 그러므로 자극이 주어진 뒤 막 투과도가 먼저 증가하는 A가 $Na^+$이다.
ㄷ. $t_2$일 때는 $Na^+$ 통로가 점차 닫히면서 $Na^+$의 유입량이 줄어드는 반면, $K^+$ 통로가 열려 B인 $K^+$이 세포 바깥쪽으로 확산되어 재분극이 일어나는 시기이다.
[오답피하기] ㄴ. $t_1$일 때는 뉴런이 자극을 받기 전이므로 $Na^+-K^+$ 펌프가 에너지(ATP)를 소모하면서 $Na^+$은 세포 바깥쪽으로, $K^+$은 세포 안쪽으로 능동 수송하여 세포 바깥쪽은 $Na^+$의 농도가 높고, 안쪽은 $K^+$의 농도가 높게 유지된다. 그 결과 세포막 안쪽은 (－)전하, 바깥쪽은 (＋)전하를 띤다.

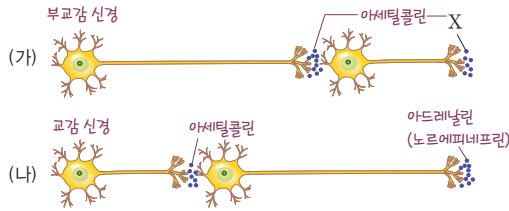
**374** ㄱ. 근수축에 직접 관여하는 에너지원은 ATP이다. 근육 운동에 필요한 대부분의 ATP는 포도당이 산소 호흡에 의해 분해될 때 생성되는 ATP를 이용하지만, 산소가 부족할 때는 포도당이 젖산으로 분해되는 무산소 호흡으로 ATP를 생성하여 이용하기도 한다.
ㄷ. 팔을 펴면 ㉠은 이완하고 ㉡은 수축하게 된다. 이완할 때는 I대의 길이가 증가하고, 수축할 때는 I대의 길이가 감소한다.
[오답피하기] ㄴ. 팔을 펴면 ㉠은 이완하게 된다. 근육의 수축이나 이완 시 액틴 필라멘트의 길이는 변하지 않는다. 근수축이 일어날 때 액틴 필라멘트가 마이오신 사이로 미끄러져 들어가 겹치는 부분이 증가하는 것이다.

**375** A는 간뇌, B는 중뇌, C는 연수, D는 소뇌이다.
ㄴ. (나)는 수의 운동이 잘 일어나지 못하므로 대뇌와 소뇌(D)가 손상된 경우이다. 소뇌(D)는 대뇌와 함께 수의 운동을 조절할 뿐만 아니라 평형 감각의 중추로 몸의 평형을 유지하는 역할을 한다. 그러므로 소뇌(D)가 손상되면 똑바로 걷기 어렵게 된다.
[오답피하기] ㄱ. (가)는 동공 반사에 이상이 생긴 것이므로 중뇌(B)가 손상된 경우이다. 간뇌(A)는 자율 신경의 조절 중추로 삼투압 조절, 혈압 조절, 혈당량 조절 등의 중추이다.
ㄷ. (다)는 호흡 운동을 담당하는 중추인 연수(C)가 손상된 경우이다. 무릎 반사, 배변 · 배뇨 반사의 중추는 척수이다.

**376** ㄱ. D는 대뇌의 명령을 전달하는 운동 뉴런, E는 A에서 받아들인 자극을 대뇌로 전달하는 감각 뉴런이다.
ㄴ. 오른쪽 손가락을 움직이는 운동 뉴런(D)은 대뇌의 좌반구로부터 온 것이다. 대뇌와 척수를 연결하는 신경은 대부분 연수에서 좌우 교차가 일어나기 때문이다.
[오답피하기] ㄷ. A와 C는 척수 신경으로 말초 신경계를 구성하며, 한 개의 뉴런으로 구성되어 있으므로 체성 신경계에 속한다.

오개념 피하는 노하우
- 말초 신경계는 체성 신경계와 자율 신경계로 구분되며, 자율 신경계는 다시 교감 신경과 부교감 신경으로 구분된다.
- 자율 신경계는 원심성 신경으로만 구성되어 있고, 중추 신경과 반응기가 2개의 뉴런으로 연결되어 있다.

**377** ㄱ. (가)는 신경절 이전 뉴런이 길고, 신경절 이후 뉴런이 짧으므로 부교감 신경이다. 부교감 신경(가)의 말단에서 분비되는 신경 전달 물질인 X는 아세틸콜린이다. 부교감 신경(가)이 작용하면 혈관은 확장되고, 방광은 수축한다.
[오답피하기] ㄴ. (나)는 신경절 이전 뉴런이 짧고, 신경절 이후 뉴런이 길므로 교감 신경이다. 교감 신경(나)은 몸을 긴장 상태로 만들어 위기 상황에 대처하도록 조절하는 역할을 하며, 부교감 신경(가)은 긴장 상태에서 다시 원래의 안정 상태로 회복하도록 조절하는 역할을 한다.
ㄷ. 부교감 신경(가)과 교감 신경(나)은 자율 신경이므로 대뇌의 직접적인 지배를 받지 않는다.

자료 분석 노하우

- 부교감 신경(가)은 신경절 이전 뉴런이 신경절 이후 뉴런보다 길며, 말단에서 아세틸콜린(X)이 분비된다.
- 교감 신경(나)은 신경절 이전 뉴런이 이후 뉴런보다 짧으며, 말단에서 아드레날린(노르에피네프린)이 분비된다.
- 교감 신경(나)은 긴장했을 때나 위기 상황에 처했을 때 우리 몸을 그 상황에 대처하기 알맞은 상태로 만들고, 부교감 신경(가)은 평상시의 안정된 상태로 회복시켜 준다.
- 교감 신경(나)과 부교감 신경(가)은 같은 내장 기관에 분포하여 서로 반대되는 작용(길항 작용)을 함으로써 몸의 상태를 일정하게 유지한다.
- 자율 신경계는 교감 신경(나)과 부교감 신경(가)으로 구분되며, 대뇌의 직접적인 조절을 받지 않는다.

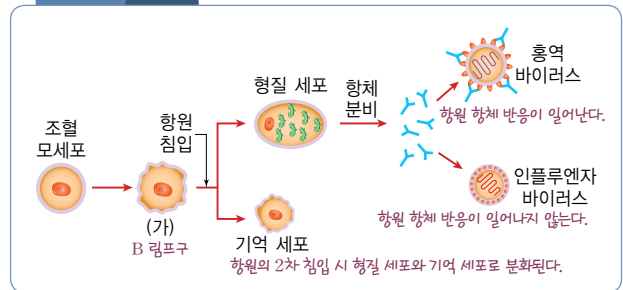
**378** ㄴ. 그림 (가)의 철수와 같이 혈중 인슐린의 농도가 증가한 것은 식사 후 (나)와 같이 혈당량이 높아졌기 때문이다. 즉, 혈당량이 높아지면 인슐린의 분비가 촉진된다.
ㄷ. 영희는 식사 후 인슐린의 농도가 서서히 약간만 증가하는 것으로 보아 식사 후 혈당량이 높은 상태로 오래 유지되는 A와 같은 혈당량 변화를 보이며, 쉽게 혈당량이 낮아지지 않으므로 당뇨병 환자일 가능성이 높다.
[오답피하기] ㄱ. A는 영희, B는 철수의 혈당량 변화이다. 철수는 식사 후 인슐린의 농도가 급격히 증가하므로 혈당량이 빠르게 정상으로 돌아온다.

**379** ㄱ. (다)는 간뇌의 시상 하부가 교감 신경을 통해 피부 근처 혈관을 수축시키고, 입모근을 수축시켜 열 발산량을 감소시키는 과정이다.
ㄷ. 부신 속질에서 분비되어 물질대사를 촉진시키는 호르몬 A는 아드레날린(에피네프린)이다.
[오답피하기] ㄴ. (가)는 간뇌 시상 하부에서 분비되는 TRH와 뇌하수체 전엽에서 분비되는 TSH에 의해 갑상샘이 자극을 받는 과정이다. (나)는 간뇌의 시상 하부가 교감 신경을 통해 부신 속질에서 아드레날린(에피네프린)(호르몬 A)이 분비되도록 하는 과정이다.

**380** ㄱ. 구간 A에서 혈장 삼투압이 높아질수록 콩팥에서 수분 재흡수를 촉진하는 호르몬인 ADH 농도가 증가하는 것을 알 수 있다.
ㄷ. ADH는 혈장 삼투압이 높을 때 많이 분비되어 혈장 삼투압을 낮추는 호르몬이다.
[오답피하기] ㄴ. 구간 B에서 혈압이 낮아지면 ADH 농도가 증가하므로 수분 재흡수가 촉진된다. 그 결과 오줌 생성량이 감소한다.

**381** 세포로 되어 있는 것은 파상풍을 일으키는 세균이다. 고혈압은 비감염성 질병으로 병원체 없이 일어난다. 광우병은 변형된 프라이온, 독감은 바이러스에 의해서 일어난다.
ㄴ. 생명체 내에서만 증식하는 것은 바이러스, 바이러스에 의한 질병은 독감이다.
ㄷ. 광우병을 일으키는 변형된 프라이온은 단백질성 감염 입자이므로 분열을 통해 증식하지 못한다. 파상풍을 일으키는 세균은 단세포 원핵생물이므로 분열법으로 스스로 증식이 가능하다.
[오답피하기] ㄱ. (가)는 '감염성 질병이다.'가 적합하다.

**382** ㄱ. (가)는 항원이 침입했을 때 형질 세포와 기억 세포로 분화되므로 B 림프구임을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. 1차 면역은 항원이 처음 들어왔을 때 항체를 생산하여 항원 항체 반응을 하는 것이다. 이때 기억 세포가 형성되지 않은 상태이므로 항체의 생산이 늦다. 1차 면역 반응 이후 일부 B 림프구가 기억 세포로 남아 있어 항원의 2차 침입 시 항체가 빠르게 다량으로 생성되어 항원을 신속하게 제거하는 것을 2차 면역 반응이라고 한다. 형질 세포는 항체를 생산하는 세포이므로 1차 면역과 2차 면역에 모두 관여한다.
ㄷ. 형질 세포가 생성한 항체는 홍역 바이러스와 항원 항체 반응을 하였고, 인플루엔자 바이러스와는 항원 항체 반응을 하지 않은 것으로 보아 형질 세포의 항체 생산을 유도한 항원은 홍역 바이러스임을 알 수 있다.

자료 분석 노하우

**383** ㄴ. 상처가 나면 손상된 조직의 비만 세포에서 히스타민이 방출된다. 히스타민에 의해 모세 혈관이 확장되고 혈관 벽의 투과성이 높아지면 혈류량이 증가되고 백혈구와 혈장이 혈관 밖으로 빠져나온다. 이때 빠져나온 백혈구는 상처 부위에 모여 식균 작용으로 병원체를 제거하는 1차 방어 작용을 한다.
ㄷ. 피부에서 체내로 침입하려는 세균과 같은 병원균을 차단하는 것은 1차 방어 작용 중 하나이다.
[오답피하기] ㄱ. 병원체가 체내에 침입했을 때 일어나는 염증 반응은 1차 방어 작용이다. 체액성 면역은 2차 방어 작용이다.

**384** 돼지풀 꽃가루가 사람에게 들어오면 B 림프구가 항원으로 인식하여 항체를 생성하며, 이때 생성된 항체는 비만 세포의 막에 결합된다. 다시 동일한 꽃가루가 침입하면 꽃가루와 비만 세포에 붙은 항체가 항원 항체 반응을 한다.
ㄱ. 알레르기 증상은 비만 세포에서 분비되는 히스타민이라는 화학 물질에 의해 일어나는 것이므로 항히스타민제를 투여하여 알레르기 증상을 억제할 수 있다.
ㄷ. 알레르기는 히스타민에 의해 나타나는 증상이므로 처음 꽃가루가 들어왔을 때는 증상이 나타나지 않으며, 다른 꽃가루가 들어왔을 때도 증상이 나타나지 않는다.
[오답피하기] ㄴ. 꽃가루는 항원에 해당하므로 비만 세포에 결합한 항체와 항원 항체 반응을 한다.

# 자연 속의 인간

## 12 생태계의 구성과 기능 (1)

핵심 문제로 개념 마무리 p.113

**1** (1) ㉡ (2) ㉢ (3) ㉠ **2** (1) ㄹ (2) ㄴ (3) ㅁ (4) ㄷ (5) ㄱ

**1** (1) 생물이 비생물적 환경에 영향을 주는 사례이다. → 반작용
(2) 빛, 온도, 물, 토양, 공기 등 비생물적 환경이 생물에 영향을 주는 사례이다. → 작용
(3) 생물은 서로 영향을 주고받으며 상호 작용을 한다.

**2** (1) 조류의 산란은 일조 시간의 영향을 받는 광주기성과 관련이 있다.
(2) 북극여우가 추운 지역에서 체온을 유지하려면 열 발산량을 줄여야 한다. 따라서 털이 많고 몸집이 크며, 주둥이, 귀, 꼬리, 다리 등의 말단부가 작다.
(3) 음지 식물은 양지 식물보다 빛의 세기가 약한 곳에서 적응하였기 때문에 보상점과 광포화점이 낮다.
(4) 얕은 바다에는 적색광을 이용하는 녹조류가 분포하고, 깊은 바다로 갈수록 투과되는 빛의 양이 줄어들어 황색광을 이용하는 갈조류, 청색광을 이용하는 홍조류가 분포한다.
(5) 곤충의 몸 표면과 조류의 알은 물의 증발을 방지하는 형태로 적응하였다.

내신분석 **기출문제** pp.114~119

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 385 ④ | 386 ② | 387 ① | 388 생태계 | | 389 ② | 390 ② | 391 ③ |
| 392 ③ | 393 ④ | 394 ④ | 395 해설 참조 | | 396 ③ | 397 ② | 398 ① |
| 399 ③ | 400 ④ | 401 ② | 402 ⑤ | 403 물 | 404 ① | 405 ⑤ | 406 ⑤ |
| 407 ⑤ | 408 ③ | 409 ⑤ | 410 ⑤ | 411 ④ | | | |

**385** 생물 A는 생산자, B는 소비자, C는 분해자이다.
ㄱ. 생태계 내에서 생물적 요인과 비생물적 요인(환경)은 작용과 반작용을 하며, 서로 밀접한 영향을 끼친다.
ㄷ. 소비자(B)는 스스로 유기물을 합성하지 못하므로 생산자(A)가 만들어 놓은 유기물을 섭취하여 살아가는 데 필요한 에너지를 얻는다.
[오답피하기] ㄴ. 생태계는 생산자(A), 소비자(B), 분해자(C)와 같은 생물적 요인 이외에 빛, 온도, 공기, 물, 토양과 같은 비생물적 요인도 포함한다.

**386** ㄷ. 어항에 생물적 요인인 수초를 심으면 수초의 광합성 작용에 의해 어항 속의 비생물적 요인인 용존 산소량이 증가한다.
[오답피하기] ㄱ. 비생물적 요인인 온도가 낮아지면 생물적 요인인 나뭇잎의 엽록소가 파괴되어 보조 색소(카로티노이

ㄷ, 크산토필 등)의 색깔이 드러나 단풍이 든다.

ㄴ. 수심에 따라 비생물적 요인인 물을 투과하는 빛의 파장이 달라지므로 생물적 요인인 해조류의 분포가 달라진다.

**387** 생태계 내에서 생물들이 살아가는 데 영향을 주는 외적 · 내적인 환경 요인은 생물적 요인과 비생물적 요인으로 구분된다. 비생물적 요인은 빛, 온도, 물, 공기, 토양 등이 있으며, 생물적 요인은 식물, 동물, 균류, 원생생물, 세균 등 생태계 내의 모든 생물을 의미하는데, 생태계 내에서의 기능에 따라 생산자, 소비자, 분해자로 구분된다.

**388** 생태계는 영국의 생물학자 탠슬리가 처음 사용한 용어로, 일정한 공간에 서식하는 생물 군집과 비생물적 환경이 서로 밀접한 관계를 맺으면서 조화를 이루는 자연의 단위이며, 물질 순환과 에너지의 흐름이 일어나는 기능적인 계이다.

**389** 서식지에 따라 정온 동물의 몸집과 말단부 크기가 차이를 보이는 것은 서식지의 온도에 영향을 받아 적응한 결과이다.

**390** 빛의 세기가 강할 때 잘 자라는 A 식물이 양지 식물, 빛의 세기가 약할 때도 자라는 B 식물이 음지 식물이다.

ㄷ. 음지 식물(B)은 양지 식물(A)보다 보상점이 낮으므로 약한 빛에서는 양지 식물(A)보다 잘 생장할 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 양지 식물(A)이 음지 식물(B)보다 보상점과 광포화점이 더 높다.

ㄴ. 양지 식물(A)의 보상점은 약 7,000 lx 정도이고, 음지 식물(B)의 보상점은 약 4,000 lx 정도이다. 따라서 빛의 세기가 5,000 lx일 때에는 음지 식물(B)은 어느 정도 생장할 수 있지만 양지 식물(A)은 생장하지 못한다.

**391** ③ 햇빛이 잘 드는 곳에 사는 양지 식물(A)은 그늘진 곳에 사는 음지 식물(B)보다 보상점과 광포화점이 높기 때문에 빛의 세기가 강해야 잘 자랄 수 있다.

[오답피하기] ① ㉠은 음지 식물(B)의 광합성량과 호흡량이 같은 빛의 세기인 보상점이다.

② ㉡은 광합성량이 더이상 증가하지 않는 최소한의 빛의 세기로 양지 식물(A)의 광포화점이다.

④ 호흡량은 빛의 세기가 0일 때의 $CO_2$ 방출량으로, 양지 식물(A)은 음지 식물(B)보다 호흡량이 많다.

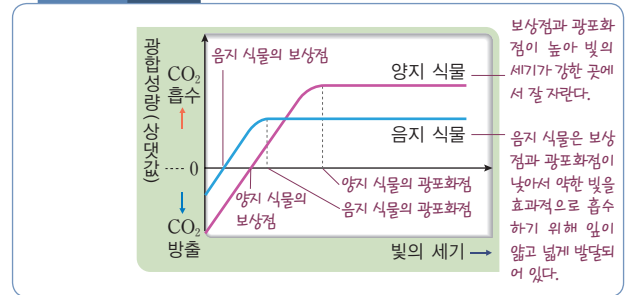
⑤ 일반적으로 음지 식물(B)의 잎은 양지 식물(A)의 잎에 비해 얇고 넓은데, 이러한 구조로 인해 약한 빛을 효과적으로 흡수할 수 있다.

**392** ③ A는 양지 식물(㉠)의 보상점에 해당하므로 양지 식물(㉠)의 광합성 산물은 모두 호흡으로 소진되어 순광합성량이 0이고, 음지 식물(㉡)은 $CO_2$의 흡수가 일어나고 있으므로 순광합성량이 0보다 많다. 따라서 A에서는 음지 식물(㉡)이 양지 식물(㉠)보다 잘 자란다.

[오답피하기] ① 광포화점은 광합성량이 더 이상 증가하지 않는 최소한의 빛의 세기이므로 양지 식물(㉠)이 음지 식물(㉡)보다 높다.

② 보상점과 광포화점이 높은 ㉠ 식물이 양지 식물, ㉡ 식물이 음지 식물이다.

④ 음지 식물(㉡)이 양지 식물(㉠)보다 약한 빛에 더 잘 적응하였다.

⑤ 일반적으로 양지 식물(㉠)의 잎이 음지 식물(㉡)의 잎보다 울타리 조직이 발달하여 더 두껍다.

**393** ㄱ, ㄴ. (가)는 울타리 조직이 두꺼운 양엽, (나)는 (가)보다 울타리 조직이 얇으므로 음엽이다.

[오답피하기] ㄷ. 한 나무에서도 양엽(가)은 빛을 많이 받는 상층부에 분포하고, 음엽(나)은 빛을 적게 받는 하층부에 분포한다.

오개념 피하는 노하우

양지 식물은 빛이 강한 곳에서 잘 자랄 수 있도록 적응한 식물이고, 음지 식물은 빛이 약한 곳에서도 잘 자랄 수 있도록 적응한 식물이다. 양지 식물은 울타리 조직과 해면 조직이 두껍게 발달한 양엽을 가지며, 음지 식물은 잎이 얇고 넓은 형태의 음엽을 가진다. 그러나 한 그루의 나무에서도 빛의 세기에 따라 양엽과 음엽으로 나뉘기도 한다. 빛을 강하게 받는 곳의 잎이 더 두껍고 진한 녹색을 띤다.

**394** 빛의 파장에 따라 빛이 수심을 통과하는 깊이가 달라진다. 적색광과 황색광보다는 청색광이 물속 깊이 투과하기 때문에 물속 깊은 곳에는 청색광을 이용하는 홍조류가 분포한다. 해조류는 몸의 색과 보색 관계에 있는 빛을 주로 이용하여 광합성을 하도록 적응되어 있다.

**395** 녹조류는 녹색을 반사하며, 녹색의 보색인 적색광을 이용하여 광합성을 한다.

모범답안 녹조류가 광합성에 이용하는 적색광이 수심이 얕은 곳까지만 투과하기 때문이다.

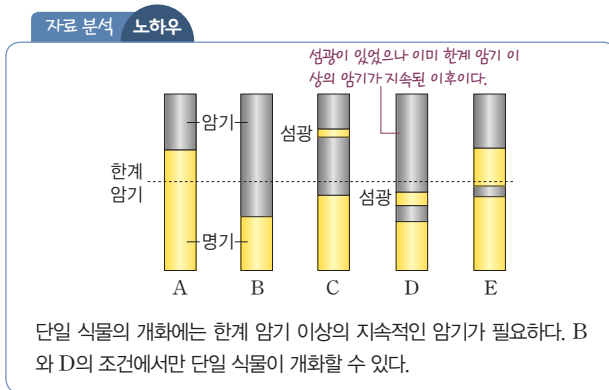
| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 녹조류는 적색광을 이용하여 광합성을 하고, 적색광의 투과를 수심에 연관 지어 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 적색광이 수심이 얕은 곳까지만 투과하기 때문이라고만 설명한 경우 | 3점 |

**396** ㄱ. 이 실험을 통해 일조 시간에 따른 식물의 개화 여부를 확

인할 수 있다.
ㄷ. (나) 식물은 실험 조건 (3)에서 암기가 지속되지 않으면 전체 암기의 길이가 길어도 개화하지 않는다는 것을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄴ. 실험 조건 (3)에 의하면 (가) 식물은 암기가 한계 암기보다 짧을 때나 암기가 길어도 한계 암기 이상 지속되지 못하였을 때 개화한다는 것을 알 수 있다.

**397** 국화는 단일 식물로, 한계 암기 이상의 암기가 지속되어야 개화한다. 따라서 B와 D에서 국화가 개화한다.
[오답피하기] C도 한계 암기 이상의 암기를 가지지만, 암기 중간에 섬광으로 인해 한계 암기 이상으로 암기가 지속되지 않았기 때문에 개화하지 않는다.

자료 분석 노하우

단일 식물의 개화에는 한계 암기 이상의 지속적인 암기가 필요하다. B와 D의 조건에서만 단일 식물이 개화할 수 있다.

**398** 비슷한 환경에서 사는 서로 다른 종류의 생물이 모습이나 생활 양식 등에서 나타내는 공통적인 특징을 생활형이라고 한다. 생활형은 생물이 환경의 영향을 장기적으로 받아 형성된다.
ㄱ. 라운키에르는 식물의 겨울눈(A)의 위치에 따라 생활형을 분류하였다.
[오답피하기] ㄴ. 서로 다른 종의 생물이라도 비슷한 환경에서 장기간 서식할 경우 비슷한 생활형을 가질 수 있다.
ㄷ. 기온이 높고 강우량이 많은 열대 지방에는 지상 식물이 많고, 온대 지방에는 반지중 식물이 많으며, 한대 지방에는 반지중 식물과 지중 식물이 많다.

**399** ③ 양엽와 음엽의 차이는 빛의 세기에 따른 적응 결과에 해당한다.
[오답피하기] ① 온대 활엽수는 가을에 잎을 떨어뜨려 춥고 건조한 겨울을 대비한다.
② 식물은 추운 겨울에 겨울눈으로 잎과 꽃의 싹을 보호한다.
④ 식물은 기온이 낮아지면 식물 세포 내의 포도당 농도를 높여 삼투압을 증가시킨다. 식물 세포의 삼투압이 높아지면 어는점이 낮아져 겨울 동안 세포가 어는 것을 방지할 수 있다.
⑤ 가을보리는 땅속에서 겨울 동안 저온 기간을 거친 씨앗이 봄에 개화하여 꽃을 피우고 열매를 맺는다.

**400** ㄱ. 포도당 농도가 높을수록 식물 세포 내 삼투압은 높아진다.
ㄴ. 추운 겨울에 세포의 포도당 농도를 증가시켜 세포 내 삼투압을 높이면 어는점이 낮아져 얼지 않는다.
[오답피하기] ㄷ. 식물 세포의 삼투압 변화는 온도에 따른 적응 현상에 해당한다.

**401** ② 호랑나비의 계절형과 계절에 따른 식물 세포 내 삼투압 변화는 온도의 영향을 받아 나타나는 현상이다.
[오답피하기] ① 양지 식물의 잎이 두껍고 면적이 좁은 것은 빛의 세기에 적응한 결과이다.
③ 건조한 지역에 사는 식물은 물을 저장하는 저수 조직이 발달되어 있고, 잎은 증산 작용을 최소화하기 위해 가시로 변했다.
④ 바다의 깊이에 따라 투과되는 빛의 파장과 양이 다르기 때문에 바다의 깊이에 따라 주로 서식하는 해조류의 종류가 다르다.
⑤ 식물에 한쪽 방향으로 빛을 비추면 식물은 빛의 방향으로 굽어 자란다. (양성 굴광성)

**402** ㄱ. 건조한 곳에서 사육한 캥거루쥐는 체내 수분량은 일정해도 소량의 진한 오줌을 누는 것으로 보아 증발로 잃는 수분의 양이 많음을 알 수 있다.
ㄴ. 캥거루쥐는 서식 환경에 따라 오줌의 상태와 양을 조절하여 체내 수분량을 일정하게 유지함을 알 수 있다.
ㄷ. 사육 조건을 보면 먹이는 같지만 장소는 다르다. 따라서 이 실험은 사육 장소에 따른 캥거루쥐의 수분량 조절을 알아보기 위한 것이다.

**403** 물이 많은 곳에 사는 동물은 물에 잘 녹는 암모니아의 형태로, 육상 동물은 요소나 요산의 형태로 질소 노폐물을 배설한다.

**404** ㄱ. 라운키에르는 혹한기나 건조기를 넘기는 겨울눈이 생기는 위치에 따라 식물의 생활형을 지상 식물, 지표 식물, 반지중 식물, 지중 식물, 1년생 식물, 수생 식물로 구분하였다.
[오답피하기] ㄴ. 생활형은 환경이 생물에 장기적으로 영향을 끼쳐 나타난 결과이다.
ㄷ. 기온이 높고 강우량이 많은 열대 지방에는 지상 식물의 비율이 높고, 추위가 심한 지역에는 겨울눈이 땅속으로 들어간 반지중 식물이나 지중 식물이 많다.

**405** ㄱ. 생존 곡선은 개체군의 특성과 환경에 따라 다르게 나타난다. A 종은 어릴 때 사망률이 매우 높은 생물로, 대부분의 물고기나 굴 등이 A 종과 같은 그래프 형태를 나타낸다. B 종은 어릴 때 사망률이 낮지만 노년에 이르러 사망률이 높아지는 생물로, 사람이나 코끼리 등과 같은 대형 포유류가 B 종과 같은 그래프 형태를 나타낸다.
ㄴ. 번식률은 개체수 증가율로 나타나며, 그래프에서 접선의 기울기에 해당하는 값이다. 따라서 번식률은 구간 ㉠>㉡이다.
ㄷ. 개체수가 증가할수록 먹이 부족, 서식 공간의 감소, 노폐물의 증가 등의 환경 저항에 의해 번식력이 낮아진다. 번식력이 0에 이르면 개체수는 증가하지 않고 일정하게 유지된다. 따라서 환경 저항은 구간 ㉠<㉡이다.

**406** ㄴ. Ⅱ형은 그래프의 기울기가 일정하므로 연령별 사망률이 일정하다.

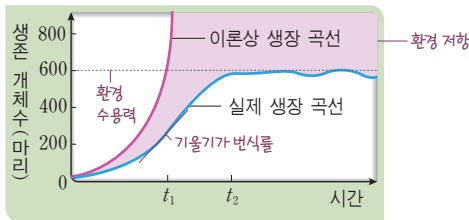
ㄷ. Ⅲ형은 유년기 사망률이 높아 많은 수의 자손을 낳는다.

[오답피하기] ㄱ. Ⅰ형은 자손의 출생수가 적으나 어릴 때 부모의 보호를 받으므로 유년기 사망률이 낮다.

**407** ㄴ. 이 수조에서 짚신벌레는 600마리에서 개체군의 생장이 멈추었다. 이는 이 수조가 수용할 수 있는 개체수의 한계, 즉 환경 수용력이 600마리 정도라는 것을 의미한다.

ㄷ. 더 큰 수조로 옮기면 공간의 증가로 인하여 짚신벌레의 개체수는 일시적으로 증가한다. 그러나 환경 수용력의 한계에 다다르면 개체수는 다시 일정해질 것이다.

[오답피하기] ㄱ. 생장 곡선의 그래프에서 특정 지점에서의 기울기가 번식률을 의미한다. 번식률은 $t_1$일 때가 $t_2$일 때보다 높다.

자료 분석 노하우

• 이론상 생장 곡선 : 개체들이 이론적인 번식 능력대로 계속 번식한다면 개체수는 기하급수적으로 증가하여 J자 모양의 생장 곡선을 나타낼 것이다.

• 실제 생장 곡선 : 실제 개체군의 생장은 환경 저항에 의해 생장이 방해받기 때문에 S자 모양의 생장 곡선을 나타낸다.

**408** ㄱ. 어떤 개체군의 이론적인 생장 곡선은 J자형(A)을 나타낸다. 그러나 개체군의 밀도가 높아지면 서식 공간과 먹이가 부족해지고 경쟁이 증가하며 노폐물이 축적되고 환경오염이 일어난다. 그 결과 개체군의 생장이 점차 둔화되어 개체수가 일정한 수를 유지하게 되는 S자 모양의 생장 곡선(B)을 나타낸다. 이를 실제 생장 곡선이라고 한다.

ㄴ. 개체군의 생장을 억제하는 서식 공간의 부족, 먹이 부족, 노폐물의 증가 등의 요인을 환경 저항이라고 하며, 환경 저항이 커질수록 개체군의 출생률은 낮아지고 사망률은 높아진다.

[오답피하기] ㄷ. 구간 Ⅰ에서 개체수 증가율은 A가 B보다 크다.

**409** ㄴ. 눈신토끼와 스라소니는 피식자와 포식자의 관계로, 먹이 사슬에 의해 약 10년을 주기로 개체수의 증감이 반복된다.

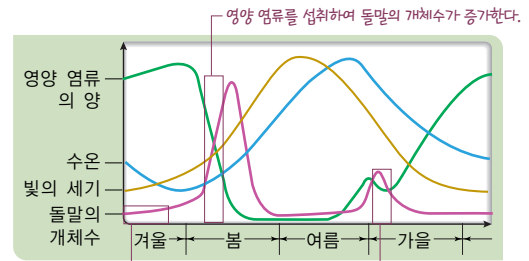
ㄷ. 포식자(B) 개체군의 크기는 피식자(A) 개체군의 크기에 따라 증감하는 것을 알 수 있다.

[오답피하기] ㄱ. 피식자 개체군의 증감이 포식자 개체군의 증감보다 앞서 나타난다. 따라서 A가 피식자인 눈신토끼이고, B가 포식자인 스라소니이다.

**410** ㄴ. 영양 염류의 양, 수온, 빛의 세기가 돌말 개체군의 크기를 조절하는 제한 요인으로 작용한다. 여름에는 수온이 높고, 빛의 세기가 강하지만 영양 염류의 양이 부족해 돌말의 개체수가 급격하게 줄어든다.

ㄷ. 가을과 겨울에 영양 염류의 양이 증가해도 수온이 낮고, 빛의 세기가 약하기 때문에 돌말의 개체수는 증가하지 않는다.

[오답피하기] ㄱ. 수온이 낮아지면 영양 염류의 양이 많더라도 돌말의 개체수는 줄어든다.

자료 분석 노하우

돌말이 번식하기 위해서는 영양 염류의 양, 수온, 빛의 세기가 모두 적당해야 한다.

**411** ④ 구간 Ⅰ에서 피식자(B 종)를 인위적으로 제거하면 포식자(A 종)는 먹이 부족으로 개체수가 감소한다.

[오답피하기] ①, ② 피식자(B 종)의 개체수가 증가하면 포식자(A 종)의 개체수도 뒤따라 증가하고, 피식자(B 종)의 개체수가 감소하면 포식자(A 종)의 개체수도 감소한다.

③ 구간 Ⅰ에서는 피식자와 포식자가 모두 증가하므로 (라)에 해당한다.

⑤ A와 B 개체군의 상호 작용인 포식과 피식으로 개체군의 크기가 주기적으로 변한다.

**412** ㄱ. 빛, 온도, 물, 공기, 토양은 비생물적 환경 요인으로, 생물 군집에 영향을 주는 것을 작용이라고 한다. 빛의 파장은 생태계의 비생물적 환경 요인에 해당하고, 해조류인 생물의 분포에 영향을 주는 것은 작용(㉠)에 해당한다.

ㄴ. 생산자, 소비자, 분해자는 생물적 요인으로, 생물이 비생물적 요인에 영향을 주는 것을 반작용이라고 한다. 지렁이가 토양 속을 돌아다니면서 토양의 통기성을 높여 주는 것은 생물적 요인이 비생물적 요인인 환경 요인에 영향을 주는 반작용(㉡)에 해당한다.

ㄷ. 개체군 사이의 상호 작용은 서로 다른 종들 간의 작용으로 경쟁, 분서(나누어살기), 공생, 기생, 포식과 피식 등이 있다.

**413** ③ ㉡에서 양지 식물(A)과 음지 식물(B)의 순광합성량은 같지만, 양지 식물(A)이 음지 식물(B)보다 호흡량이 많기 때문에 총광합성량은 음지 식물(B)보다 양지 식물(A)이 더 많다.

[오답피하기] ① ㉠은 양지 식물(A)의 보상점보다 빛의 세기가 약하므로 ㉠에서 양지 식물(A)은 잘 자라지 못한다.
② ㉠은 음지 식물(B)의 광합성량과 호흡량이 같은 보상점이다.
④ ㉢에서 양지 식물(A)의 $CO_2$ 흡수량이 음지 식물(B)보다 많으므로 양지 식물(A)이 음지 식물(B)보다 잘 자란다.
⑤ 음지 식물(B)은 약한 빛에서도 잘 살아간다.

**414** ㄴ. 암기 사이에 섬광을 비추었더니 식물 A는 개화하지 못했다. 그러므로 식물 A의 개화에는 한계 암기 이상의 지속적인 암기가 필요하다. 이러한 식물을 단일 식물이라고 한다.

[오답피하기] ㄱ. 식물 B는 암기가 한계 암기보다 짧을 때나 암기가 길어도 한계 암기 이상 지속되지 못하였을 때 개화했다. 이러한 식물을 장일 식물이라고 한다.
ㄷ. 식물 A와 B의 개화에는 명기보다 지속적인 암기의 길이가 더 중요하다는 것을 알 수 있다.

**415** ㄱ. 그림은 서식지의 온도에 따라 적응한 여우의 모습을 나타낸 것이다.
ㄴ, ㄷ. 추운 지역에 사는 정온 동물일수록 열 발산량을 줄이기 위해 몸집이 커지고 몸의 말단 부위는 작아지는 경향을 나타낸다. 따라서 몸집이 크고 몸의 말단 부위가 가장 작은 (가)가 한대 지방에 사는 북극여우의 모습이고, 몸집이 작고 몸의 말단 부위가 커 열 발산량이 많은 (다)가 열대 지방에 사는 사막여우의 모습이다.

오개념 피하는 노하우

■ **부피와 표면적 간의 관계**
부피가 커질수록 단위 부피당 체표면적은 감소한다. 따라서 몸의 크기가 큰 생물일수록 열이 발산되는 체표면적이 줄어들기 때문에 추운 지역에서 더 잘 견딜 수 있다.

**416** ㄷ. A 종은 사람형, B 종은 히드라형, C 종은 굴형의 생존 곡선을 나타낸다. A 종의 사망률은 초기 사망률이 적은 Ⅰ형, B 종의 사망률은 일정하므로 Ⅱ형, C 종의 사망률은 초기 사망률이 높은 Ⅲ형이다.

[오답피하기] ㄱ. 대부분의 수생 생물은 C 종과 같은 생존 곡선을 나타낸다.
ㄴ. B 종은 생존 기간 내내 사망률이 일정하게 나타난다. 출생 초기에 부모의 보호를 많이 받아 초기 사망률이 낮은 것은 A 종이다.

**417** ㄴ. 피식자(A)의 개체수 증감에 따라 포식자(B)의 개체수가 증감한다.

[오답피하기] ㄱ. A가 피식자, B가 포식자이므로 생물적 요인에 의해 개체수가 주기적으로 변동된다.
ㄷ. 포식과 피식 관계에 있는 두 개체군의 주기적 변동은 계절적인 변동이 아니라 10년 이상의 장기적인 변동이다.

오개념 피하는 노하우

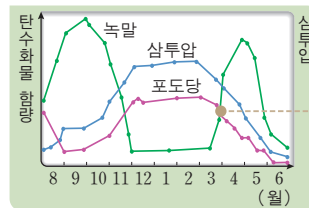
■ **개체군의 계절적 변동**
계절에 따른 빛의 세기, 수온, 영양 염류의 양에 의한 돌말의 개체수 변동이 계절적 변동에 해당한다.

**418** ㄴ. 개체군은 이상적인 조건에서 개체수가 기하급수적으로 증가한다. 이를 그래프로 나타낸 것이 J자 모양의 이론상 생장 곡선이다. 그러나 일반적인 생물 개체군의 크기는 처음에는 급격히 증가하지만 어느 정도 시간이 지나면 개체군의 생장이 환경 저항에 의해 방해받기 때문에 더 이상 개체수가 증가하지 않고 일정 수준을 유지하는데, 이를 그래프로 나타낸 것이 S자 모양의 실제 생장 곡선이다.

[오답피하기] ㄱ. 환경 저항은 그래프에서 이론상 생장 곡선과 실제 생장 곡선 사이의 차이로 표현된다. 이 개체군이 생장하기 시작하는 지점부터 환경 저항의 영향을 받았다.
ㄷ. 실제 생장 곡선에서 개체수가 증가하는 속도는 $t_2$에서보다 $t_1$에서 더 빠르다.

**419** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**
녹말의 양과 포도당의 양의 증감이 반대로 나타난다. 상록수는 추워지면 녹말을 분해하여 포도당의 농도를 증가시킨다는 것을 알 수 있다.

**Step ❷ 자료 파악**

삼투압에 영향을 미치는 요인은?
삼투압 그래프와 같은 패턴으로 증감하는 물질이 바로 포도당이다. 포도당의 농도가 삼투압에 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

**Step ❸ 관련 개념 모으기**
❶ 삼투압이 높으면 어떤 현상이 나타나는가?
→ 삼투압이 높으면 용액의 어는점이 낮아진다.
❷ 어는점과 식물의 적응 현상과는 어떤 관련이 있는가?
→ 세포 내 용액의 어는점이 낮아지면 세포는 겨울 동안 얼지 않고 살아남을 수 있다.

모범답안 상록수는 겨울에 녹말을 분해하여 포도당의 농도를 높이는데, 이는 세포 내 삼투압을 증가시켜 세포가 어는 것을 방지하기 위한 것이다.

유사답안 겨울 동안의 포도당 농도 증가는 삼투압을 증가시켜 어는점을 낮춰 세포가 얼지 않도록 하기 위한 것이다.

| 채점 기준 | 배점 |
| --- | --- |
| 녹말과 포도당의 관계, 삼투압의 변화와 그에 따른 세포의 상태에 대해 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 삼투압의 변화와 그에 따른 세포의 상태에 대해서만 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 그림으로 읽을 수 있는 녹말과 포도당의 관계, 삼투압의 변화에 대해서만 옳게 설명한 경우 | 3점 |

## 13 생태계의 구성과 기능 (2)

**핵심 문제로 개념 마무리** p.123

**1** (1) ㄹ (2) ㄱ (3) ㄴ **2** (1) × (2) ○ (3) ○

**1** (1) 생활 공간의 확보, 먹이 획득, 배우자 독점 등을 목적으로 일정한 생활 공간을 차지하고 다른 개체의 침입을 적극적으로 막는 것을 텃세라고 한다.
(2) 생태적 지위가 겹치는 개체군 사이에는 먹이와 서식 공간 등에 대한 경쟁이 나타나며, 경쟁에서 이긴 종은 번성하여 더 많은 자손을 남기지만, 그렇지 못한 종은 서식지에서 사라지는 현상을 경쟁 배타의 원리라고 한다.
(3) 군집 내에서 두 종이 밀접한 영향을 미치며 함께 생활하는 것을 공생이라고 한다. 공생에는 상리 공생과 편리 공생이 있는데, 두 종의 생물이 서로 이득을 얻는 경우는 상리 공생이라고 한다.

**2** (1) 천이의 마지막 단계로 안정된 군집을 극상이라고 한다. 지역에 따라 극상을 이루는 군집이 다양하나 대부분 지역에서는 음수림이 극상을 이룬다.
(2) 탄소나 질소와 같은 생태계 내의 물질은 순환하지만, 에너지는 순환되지 않고 먹이 사슬을 따라 한쪽 방향으로 흐르므로 생태계가 유지되기 위해서는 태양의 빛에너지가 지속적으로 유입되어야 한다.
(3) 영양 단계가 높아질수록 다음 단계로 이동하는 에너지양은 감소하지만, 상위 영양 단계로 갈수록 몸집이 커져서 단위 무게당 에너지 소모가 적고, 영양가가 높은 먹이를 섭취하기 때문에 에너지 효율은 대체로 증가한다.

**내신분석 기출문제** pp.124~129

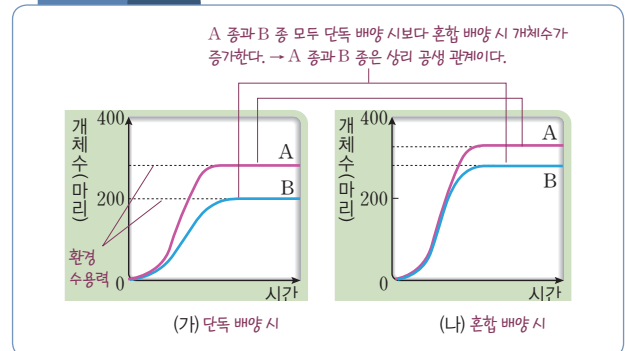
**420** ③ **421** ③ **422** 생태적 지위 **423** ③ **424** ② **425** ① **426** ②
**427** A 종 : 100, B 종 : 50, C 종 : 75, D 종 : 75 **428** ① **429** ② **430** ④
**431** ④ **432** ③ **433** ④ **434** 식물 A, 경쟁 배타의 원리 **435** ② **436** ③
**437** ④ **438** ③ **439** ② **440** ⑤ **441** A : 생산자, B : (1차) 소비자, C : (2차) 소비자, D : 분해자 **442** ④ **443** ② **444** 녹색 식물 : 1 %, 1차 소비자 : 10 %, 2차 소비자 : 40 % **445** ⑤ **446** ① **447** ③

**420** 은어는 텃세(세력권)를 형성하여 개체군 내 불필요한 경쟁을 피한다.
ㄱ, ㄴ. 종달새의 번식 공간 확보와 사자의 활동 구역 표시는 텃세에 해당한다.
[오답피하기] ㄷ. 닭의 모이 쪼는 순서는 개체군 내 구성원 사이에서 힘의 서열에 따라 일정한 순위를 결정하여 집단 내 질서를 유지하는 순위제에 해당한다.

**421** ㄱ, ㄷ. (가)는 개체군 내의 동일한 종 사이에서 힘의 서열에 의해 구성원 간의 순위를 정하는 순위제, (나)는 개체군 내에서 한 개체가 리더가 되어 개체군을 이끄는 리더제이다. 순위제(가)와 리더제(나)는 개체군 내 질서를 유지하고 경쟁을 줄이는 데 도움을 준다.
[오답피하기] ㄴ. 순위제(가)와 리더제(나)는 텃세, 사회생활, 가족생활과 함께 개체군 내 개체 간의 상호 작용에 해당한다.

**422** 생물이 생존하기 위해서는 먹이와 은신처 등 적당한 조건이 필요하다. 생태계 내에서 개체군이 이용하는 먹이와 서식 공간의 범위를 생태적 지위라고 한다. 생태적 지위는 군집 내에서 필요한 에너지와 서식 공간을 나타내는 중요한 척도가 된다.

**423** ㄱ. 사람은 '식물성 플랑크톤 → 동물성 플랑크톤 → 일반 해양 어류 → 사람'을 거칠 때에는 3차 소비자가 되고, '식물성 플랑크톤 → 동물성 플랑크톤 → 일반 해양 어류 → 대형 저서 어류 → 사람'을 거칠 때에는 4차 소비자가 된다. 따라서 사람은 3차 소비자 또는 4차 소비자이다.
ㄴ. 빛에너지를 이용하여 무기물로부터 유기물을 합성하는 광합성 작용을 하는 생물을 생산자라고 한다. 이 생태계에서 광합성을 하는 생물은 식물성 플랑크톤뿐이다.
[오답피하기] ㄷ. 동물성 플랑크톤은 식물성 플랑크톤을 먹는 소비자이고, 세균은 사체나 배설물에 포함된 유기물을 무기물로 분해하는 분해자이다.

**424** ㄷ. 환경 수용력은 한 서식지에서 서식할 수 있는 개체수의 한계로, B 종의 환경 수용력은 (가)보다 (나)에서 더 크다.
[오답피하기] ㄱ. A 종과 B 종은 단독 배양했을 때보다 혼합 배양했을 때 개체수가 더 증가한 것으로 보아 서로에게 이익이 되는 상리 공생 관계라는 것을 알 수 있다.
ㄴ. 두 종의 개체군이 같은 장소에 서식하면서 먹이나 서식지 요구 조건이 비슷하다면 이를 차지하기 위한 경쟁이 치열해진다. 그러나 A 종과 B 종은 혼합 배양 시 개체수가 증가했으므로 생태적 지위는 중복되지 않는다.

**425** 생태적 지위가 비슷한 개체군이 함께 생활하면서 생활 공간, 먹이 등을 서로 나누어 가짐으로써 경쟁을 피하는 현상을 분서라고 한다.

**426** ㄴ. 밀도가 작지만 피도가 큰 C 종의 개체의 크기가 가장 크다.

[오답피하기] ㄱ. 중요도(상대 밀도+상대 빈도+상대 피도)가 가장 큰 종이 우점종이므로 이 식물 군집의 우점종은 A 종이다.
ㄷ. 개체수가 많을수록 종의 밀도가 높으므로 D 종의 개체수가 가장 많다.

자료 분석 노하우

■ 상대 밀도, 상대 빈도, 상대 피도 구하기

$\frac{60}{60+45+15+180}\times100=20(\%)$  $\frac{25}{25+15+5+5}\times100=50(\%)$

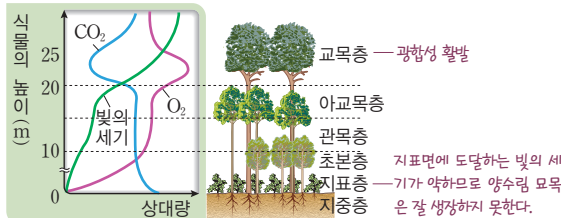
| 식물 종 | 밀도 | 빈도 | 피도 | 상대 밀도(%) | 상대 빈도(%) | 상대 피도(%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| A | 60 | 25 | 6 | 20 | 50 | 30 |
| B | 45 | 15 | 1 | 15 | 30 | 5 |
| C | 15 | 5 | 12 | 5 | 10 | 60 |
| D | 180 | 5 | 1 | 60 | 10 | 5 |

$\frac{6}{6+1+12+1}\times100=30(\%)$

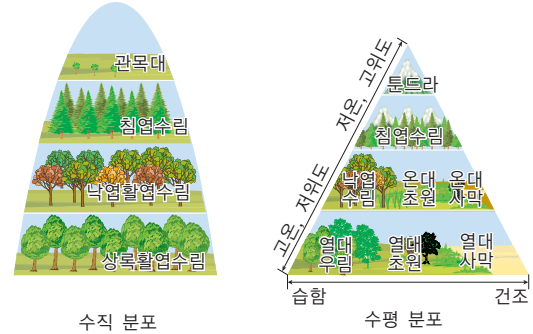
**427** 중요도=상대 밀도+상대 빈도+상대 피도이다. 따라서 A 종의 중요도=20+50+30=100이고, B 종의 중요도=15+30+5=50이고, C 종의 중요도=5+10+60=75이며, D 종의 중요도=60+10+5=75이다.

**428** ㄱ. 광합성이 가장 활발한 구역은 상대 조도가 높으며, 광합성의 원료로 사용되는 $CO_2$의 농도가 낮고, 광합성 결과 생성되는 $O_2$의 농도가 높은 곳이다. 따라서 A 구간에서 광합성이 가장 활발하다.
[오답피하기] ㄴ. B와 C 구간에서는 A 구간보다 $CO_2$ 농도가 증가하고 $O_2$ 농도는 감소한다.
ㄷ. D 구간에서는 상대 조도가 낮아서 양수림 묘목보다는 음수림 묘목이 더 잘 자란다.

자료 분석 노하우

■ 식물 군집의 층상 구조

**429** ㄴ. 식물 군집의 수평 분포는 위도에 따라 다르게 나타나는 강수량과 기온 차이에 의해 나타난다.
[오답피하기] ㄱ. 식물 군집의 수평 분포는 위도에 따른 분포이다.
ㄷ. 연평균 기온이 낮은 고위도로 갈수록 침엽수의 분포 비율이 높아지고, 저위도로 갈수록 활엽수의 분포 비율이 높아진다.

자료 분석 노하우

■ 식물 군집의 수직 분포와 수평 분포

식물 군집의 생태 분포에는 수직 분포와 수평 분포가 있다. 수직 분포는 고도에 따라 달라지는 온도의 차이에 의해 나타나는 것이고, 수평 분포는 위도에 따라 달라지는 강수량과 온도의 차이에 의해 나타난다.

**430** ㄱ. 용존 산소량은 여름보다 겨울에 더 높다.
ㄴ. 여름에는 수심 10 m 아래에서 용존 산소량이 매우 낮으므로 산소를 필요로 하는 물고기는 살기 어렵다.
[오답피하기] ㄷ. 겨울에는 수심이 깊은 곳보다 수면 가까이의 용존 산소량이 더 많고, 수온은 수면과 가까울수록 더 낮다.

**431** 개체군 내에서 각각의 개체가 일정한 공간을 점유하고 다른 개체가 침입하는 것을 경계하는 행동 특성을 텃세(세력권)라고 한다. 텃세는 개체를 분산시켜 밀도를 알맞게 조절하고, 생식을 위한 불필요한 싸움을 피하게 하는 효과가 있다.

**432** A는 종1이 손해, 종2가 이익이므로 기생이고, C는 종1과 종2가 모두 이익이므로 상리 공생, B는 편리 공생으로 종1은 이익, 종2는 이익도 해도 없다.
ㄷ. 콩과식물과 뿌리혹박테리아는 서로 이익을 주고받는 상리 공생을 한다.
[오답피하기] ㄱ. B는 한쪽이 이익을 얻고 다른 한쪽은 이익도 해도 없는 편리 공생이다.
ㄴ. A는 한쪽에만 이익이 있는 기생이다.

**433** ㄱ. 해충만 있을 때에는 해충의 개체수가 농작물에 피해를 주는 수준으로 많았으나 거미가 도입되자 해충의 수는 농작물에 피해를 주는 수준 아래로 감소하였다.
ㄷ. 거미는 해충의 포식자이므로 해충의 수가 감소하면 거미의 수도 감소한다. 따라서 B 기간 중 거미의 개체수가 감소한 이유는 해충의 개체수가 감소하였기 때문이다.
[오답피하기] ㄴ. A 기간 중에 살충제를 살포하면 해충뿐만 아니라 거미도 죽기 때문에 거미의 개체수는 감소할 것이다.

**434** 식물 A와 B를 따로 심었을 때에는 식물 A와 B가 모두 잘 자랐다. 그러나 식물 A와 B를 같이 심었을 때 ㉠ 구간에서 식

물 A와 B는 경쟁 관계이다. ㉠ 구간에서 식물 A는 남고 식물 B는 사라진 것으로 보아 ㉠ 구간에서 생존에 유리한 개체는 식물 A이며, 경쟁 배타의 원리가 적용되었음을 알 수 있다.

**435** ② 개체군 A → B → C로 천이가 진행될수록 군집의 층상 구조가 발달하므로 A는 관목림 이하의 키가 작은 나무나 초본일 것이다.
[오답피하기] ①, ⑤ 개체군 C는 빛의 세기가 약해지는 30년 이후부터 피도가 증가하기 시작하였으므로 음수림이다. 개체군 B는 개체군 C가 번성할 때 개체수가 감소한 것으로 보아 빛의 세기에 영향을 받은 것을 알 수 있다.
③ 개체군 C의 피도가 커질수록 지표면에 도달하는 빛의 세기가 점점 감소하므로 양수의 묘목은 잘 자라지 못한다.
④ 천이 과정이 진행될수록 지표면에 도달하는 빛의 세기는 점점 감소한다.

**436** ㄱ. 건성 천이의 개척자인 A는 지의류이다. 지의류는 조류와 균류의 공생체이다.
ㄴ. 기후대에 따라 극상이 되는 군집은 달라질 수 있으므로 초원(B)이나 양수림(C)이 극상이 될 수 있다.
[오답피하기] ㄷ. C는 양수림, D는 음수림이다. 양수림(C)에서 음수림(D)으로의 천이 과정에는 빛의 세기가 중요한 요인으로 작용한다.

오개념 피하는 노하우

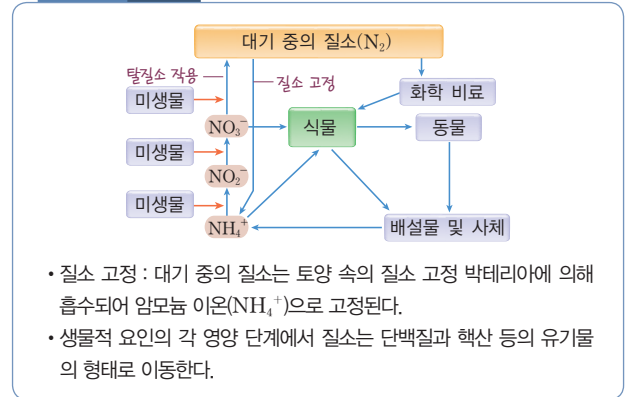
■ 지의류
지의류는 조류와 균류의 공생체로, 용암 대지나 빙퇴석처럼 생명체가 없고 토양이 형성되지 않은 곳에서 토양의 형성 과정에 참여하므로 건성 천이의 개척자라고 불린다.

**437** ㄴ. 용암 대지와 같이 토양이 없는 상태의 불모지에서 시작하는 천이를 1차 천이라고 하며, 산불이나 산사태 등이 일어나 식물 군집은 파괴되었지만 토양이 있는 상태에서 시작되는 천이를 2차 천이라고 한다.
ㄷ. A는 양수림, B는 음수림이다. 양수림(A)이 형성되면 숲 아래에는 그늘이 생겨 빛이 약하므로 양수의 묘목이 생장하지 못한다. 즉, 지표면에 도달하는 빛의 양이 적어지면 양수림(A)보다 음수림(B)이 더 잘 생장한다.
[오답피하기] ㄱ. 2차 천이의 개척자는 초본이다.

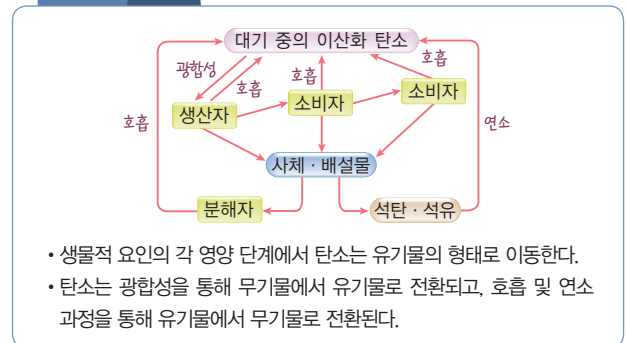
**438** ㄱ, ㄷ. 습한 곳에서 시작된 습성 천이였으며, 이후 산불로 식물 군집은 파괴되었지만 토양이 있는 상태에서 시작하는 2차 천이가 진행되었다.
[오답피하기] ㄴ. 현재의 관목은 천이의 과정에 해당하는 식물로, 극상에 해당하지 않는다.

**439** ㄴ. B 과정은 대기 중의 질소를 고정하는 과정으로, 뿌리혹박테리아와 같은 질소 고정 세균에 의해 대기 중의 질소가 암모늄 이온($NH_4^+$)으로 고정된다.
[오답피하기] ㄱ. A 과정은 탈질소 세균에 의해 질산 이온($NO_3^-$)이 질소 기체가 되어 대기 중으로 방출되는 과정이므로 A 과정이 활발해지면 식물이 이용할 수 있는 형태의 질소 화합물이 감소한다.
ㄷ. 식물은 대기 중의 질소를 직접 이용할 수 없다.

자료 분석 노하우

• 질소 고정 : 대기 중의 질소는 토양 속의 질소 고정 박테리아에 의해 흡수되어 암모늄 이온($NH_4^+$)으로 고정된다.
• 생물적 요인의 각 영양 단계에서 질소는 단백질과 핵산 등의 유기물의 형태로 이동한다.

**440** ㉠은 광합성, ㉡과 ㉢은 호흡, ㉣은 화석 연료의 연소 과정을 나타낸 것이다.
ㄱ. A는 대기 중의 이산화 탄소를 이용하여 광합성(㉠)을 통해 포도당과 같은 유기물을 생산하는 생산자이다.
ㄴ. ㉡과 ㉢은 호흡 과정이므로, 모든 생물에서 공통적으로 일어난다.
ㄷ. 화석 연료가 연소되면서 이산화 탄소 형태로 대기 중에 방출되면 온실 효과가 일어날 수 있다.

자료 분석 노하우

• 생물적 요인의 각 영양 단계에서 탄소는 유기물의 형태로 이동한다.
• 탄소는 광합성을 통해 무기물에서 유기물로 전환되고, 호흡 및 연소 과정을 통해 유기물에서 무기물로 전환된다.

**441** 생산자는 광합성 과정을 통해 이산화 탄소의 탄소를 포도당과 같은 유기물로 고정시키고, 분해자는 사체 및 배설물과 같은 유기물 속의 탄소를 이산화 탄소로 분해하여 다시 대기 중으로 보낸다.

**442** ㄱ. 생태계의 종류에 따라 다르게 나타날 수 있으나 에너지 효율은 영양 단계가 높아질수록 커지는 경향이 있다.
ㄴ. A는 호흡까지 포함하므로 생산자로 유입된 에너지는 A로 전달되는 에너지 이동량과 같다.

[오답피하기] ㄷ. 영양 단계를 많이 거칠수록 에너지양은 감소하므로 최종 소비자가 이용할 수 있는 에너지양은 감소한다.

**443** ㄴ. 영양 단계가 높아질수록 그 생물이 가지는 에너지의 총량은 줄어든다.

[오답피하기] ㄱ. 생산자가 광합성을 통해 받아들인 태양 에너지는 화학 에너지로 전환되어 생태계에서 먹이 사슬을 따라 이동하다가 열에너지 형태로 방출된다. 열에너지는 생물이 다시 이용할 수 없기 때문에 생태계에서 에너지는 물질처럼 순환하지 않고 먹이 사슬을 따라 한쪽 방향으로 흐른다.

ㄷ. 이 생태계에서는 영양 단계가 높아질수록 에너지 효율이 증가한다.

**444** 에너지 효율(%)$=\frac{\text{현 영양 단계의 에너지양}}{\text{전 영양 단계의 에너지양}}\times 100$이다. 따라서 녹색 식물의 에너지 효율(%)$=\frac{1,000}{100,000}\times 100=1(\%)$이고, 1차 소비자의 에너지 효율(%)$=\frac{100}{1,000}\times 100=10(\%)$이며, 2차 소비자의 에너지 효율(%)$=\frac{40}{100}\times 100=40(\%)$이다.

**445** ㄴ. A는 총생산량, B는 순생산량, C는 피식량이다. 총생산량(A)에서 호흡량을 뺀 값이 순생산량(B)이다.

ㄷ. 순생산량(B) 중에서 고사량, 낙엽량, 피식량(C)을 제외하고 식물체에 남아 있는 유기물의 양이 생장량이다. 피식량은 1차 소비자인 초식동물에게로 이동하는 유기물의 총량이다.

[오답피하기] ㄱ. 총생산량(A)은 생산자가 광합성을 통해 합성한 유기물의 총량이다. 동화 작용 결과 최종적으로 저장되는 에너지는 생장량이다.

**446** ㄱ. 해달의 포식자가 출현하면 해달의 개체수가 감소하고 일시적으로 성게의 개체수가 증가하므로 해초의 개체수가 감소한다.

[오답피하기] ㄴ. 불가사리가 증가하여 해초의 개체수가 감소하면 성게의 수가 증가할 수 없다.

ㄷ. 인근 연안으로부터 성게가 대량 유입되면 해달의 개체수도 증가해야 한다.

**447** ㄱ, ㄷ. 먹이 사슬에서 각 영양 단계에 속하는 생물의 개체수, 생체량, 에너지양을 하위 영양 단계부터 상위 영양 단계로 차례로 쌓아올린 형태를 생태 피라미드라고 한다. 생태 피라미드에서는 영양 단계가 높아질수록 생물의 개체수, 생체량, 에너지양이 줄어든다.

[오답피하기] ㄴ. 에너지 효율(%)$=\frac{\text{현 영양 단계의 에너지양}}{\text{전 영양 단계의 에너지양}}\times 100$으로 영양 단계가 높아질수록 커지는 경향이 있으나 생태계의 종류에 따라 다르게 나타날 수 있다. 제시된 에너지 피라미드에 의하면 1차 소비자의 에너지 효율이 약 9.6 %, 2차 소비자의 에너지 효율이 약 4.5 %, 3차 소비자의 에너지 효율은 약 8.3 %이므로 2차 소비자의 에너지 효율이 가장 낮다.

## 내신완성 1등급문제

pp.130~131

**448** ② **449** ⑤ **450** ④ **451** ② **452** ① **453** ① **454** ⑤
**455** 해설 참조 **456** 해설 참조

**448** ㄴ. (가)는 개체군 내 상호 작용 중 리더제에 해당하고, (나)는 군집 내 상호 작용 중 상리 공생에 해당한다.

[오답피하기] ㄱ. 리더제는 리더를 제외한 나머지 개체들 간에는 순위가 없다.

ㄷ. 뿌리혹박테리아와 콩과식물은 공생함으로써 두 개체군 모두에게 이익을 얻는 상리 공생 관계이다.

**449** ㄴ. 조건 ㉡에서 종 C와 D는 먹이 범위와 서식지 범위가 겹치므로 종 C와 D는 경쟁이 예상된다.

ㄷ. 생태적 지위가 많이 겹칠수록 경쟁은 심하게 나타나기 때문에 생태적 지위가 많이 겹치는 종 E와 F가 적게 겹치는 종 A와 B보다 경쟁이 심하게 나타난다.

[오답피하기] ㄱ. 조건 ㉠에서는 종 A와 B의 먹이 범위가 겹치지 않으므로 먹이 때문에 경쟁은 일어나지 않는다.

**450** ④ 어떤 생물 A 종과 B 종 사이에서는 경쟁 배타의 원리가 적용되어 혼합 배양했을 때 B 종은 사라졌다. 애기짚신벌레와 짚신벌레를 함께 배양하면 경쟁 배타의 원리에 의해 짚신벌레가 사라진다.

[오답피하기] ① 회충은 동물의 소화 기관에서 기생한다.

② 콩과식물과 뿌리혹박테리아는 서로 이득을 주는 상리 공생 관계이다.

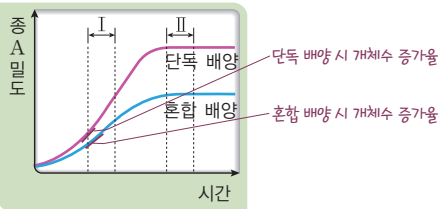
③, ⑤ 생태적 지위가 비슷한 개체군들이 함께 생활할 때 경쟁을 피하기 위해 활동 공간이나 먹이를 달리하는 것은 분서에 해당한다.

오개념 피하는 노하우

■ **경쟁 배타의 원리**
생태적 지위가 비슷한 종 사이의 경쟁에서 이긴 종은 번성하여 더 많은 자손을 남기지만, 그렇지 못한 종은 서식지에서 사라지게 되는데, 이를 경쟁 배타의 원리라고 한다.

**451** ㄴ. 개체수 증가율은 구간 내 그래프의 접선의 기울기이므로 혼합 배양할 때보다 단독 배양할 때가 더 크다.

[오답피하기] ㄱ. 혼합 배양 시 A 종의 밀도는 줄어들고 B 종의 밀도는 급격히 줄어드는 것으로 보아 A 종과 B 종은 경쟁 관계임을 알 수 있다.

ㄷ. 구간 Ⅱ에서 혼합 배양일 때 개체군의 밀도가 단독 배양일 때보다 낮은 것으로 보아 환경 저항이 단독 배양일 때보다 혼합 배양일 때가 더 크다.

- 개체수 증가율은 구간 내 그래프의 접선의 기울기이다.
- 환경 저항이 클수록 개체의 사망률이 증가하여 개체군의 밀도는 낮아진다.

**452** ㄱ. 그림은 용암 대지와 같은 건조한 곳에서 시작하는 건성 천이로, A는 관목림, B는 양수림, C는 음수림이다.

[오답피하기] ㄴ. 용암 대지부터 시작한 식물 군집의 천이 과정이므로 1차 천이를 나타낸 것이며, 2차 천이는 기존의 군집이 산불, 산사태 등에 의해 불모지가 된 후 다시 시작하는 천이이다. 2차 천이는 1차 천이와 달리 토양이 없는 불모지에서 시작하는 천이가 아니며, 토양에 수분과 유기물이 충분하므로 초원부터 시작하고 1차 천이보다 빠르게 진행되는 천이이다.
ㄷ. 극상은 천이의 마지막 단계인 안정된 군집을 말한다. 이 지역은 B인 양수림에서 천이 과정이 끝난 것이 아니라 혼합림을 거쳐 C인 음수림까지 천이가 진행되었으므로 마지막 단계인 극상은 C인 음수림이다.

**453** ① 에너지 효율(%)$=\frac{\text{현 영양 단계의 에너지양}}{\text{전 영양 단계의 에너지양}}\times100$이므로 2차 소비자의 에너지 효율(%)$=\frac{20}{100}\times100=20$(%)이다.

[오답피하기] ② 생태계로 유입된 태양의 빛에너지는 식물의 광합성에 의해 화학 에너지 형태로 유기물에 저장되어 먹이 사슬을 따라 이동한다.
③ 1차 소비자의 에너지 효율은 10 %, 2차 소비자의 에너지 효율은 20 %이다.
④, ⑤ 유기물 속의 에너지는 먹이 사슬의 각 영양 단계에서 호흡을 통해 열에너지 형태로 방출되어 흩어지고 남은 에너지만 다음 단계로 이동하므로 먹이 사슬의 상위 영양 단계로 갈수록 이동하는 에너지양은 점차 감소한다.

**454** ㄱ. 호흡(A)을 통한 에너지의 생성은 모든 생물에서 일어나는 물질대사 과정이다.
ㄷ. 광합성(C)을 통해 빛에너지는 포도당과 같은 유기물이 가지는 화학 에너지로 전환된다.

[오답피하기] ㄴ. 먹이 사슬(B)을 통해 이동하는 탄소는 유기물의 형태이다.

**455** 서술형 해결전략

**Step ① 문제 포인트 파악**
생물 간의 상호 관계가 군집 내 개체군 사이의 상호 작용인지, 개체군 내 개체 사이의 상호 작용인지 구분하도록 한다.

**Step ② 관련 개념 모으기**
❶ 3종의 새가 가문비나무에서 활동하는 것을 무엇이라고 하는가?
→ 서로 다른 3종이 공간을 달리하여 나누어 사는 것이므로 군집 내 개체군 사이의 상호 작용에 해당하는 분서이다.
❷ 하천에서 은어의 활동 영역을 무엇이라고 하는가?
→ 개체군 내에서 개체 사이의 상호 작용에 해당하는 텃세이다.

모범답안 (가)의 분서는 군집 내 개체군 사이의 상호 작용이고, (나)의 텃세는 개체군 내 개체 사이의 상호 작용이다.
유사답안 (가)의 분서는 서로 다른 종 사이에서 나타나는 상호 작용이고, (나)의 텃세는 같은 종 사이에서 나타나는 상호 작용이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 상호 작용의 명칭을 정확히 알고, 차이점을 군집 내 개체군 사이의 상호 작용과 개체군 내 개체 사이의 상호 작용으로 구분하여 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 상호 작용의 명칭만 표현하여 설명한 경우 | 3점 |

**456** 서술형 해결전략

**Step ① 문제 포인트 파악**
먹이 사슬에서 영양 단계가 높아질수록 각 영양 단계가 가지는 에너지양이 줄어드는 이유는 다음 단계로 이동하지 못하고 소모되는 에너지가 있기 때문이다.

**Step ② 관련 개념 모으기**
❶ 먹이 사슬에서 영양 단계가 높아질수록 개체수, 생체량, 에너지양의 변화는?
→ 상위 영양 단계로 갈수록 각 단계에 속하는 생물의 개체수, 생체량, 에너지양은 감소한다.
❷ 각 영양 단계의 에너지양이 감소하는 이유는?
→ 각 영양 단계의 생물에서 호흡 등으로 방출되는 열에너지를 다음 단계의 생물이 이용하지 못하기 때문이다.

모범답안 각 단계에 해당하는 생물이 생명 활동을 하면서 소모하는 에너지가 다음 영양 단계로 이동하지 못하기 때문에 상위 영양 단계로 갈수록 이용할 수 있는 에너지양은 감소한다.
유사답안 각 영양 단계에서 호흡 등으로 방출되는 에너지는 다음 단계의 생물이 이용하지 못하기 때문에 상위 영양 단계로 갈수록 이용할 수 있는 에너지양은 감소한다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 호흡과 같은 생명 활동을 통해 방출되는 에너지는 다음 영양 단계의 생물이 이용하지 못하기 때문이라고 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 호흡에 의한 에너지는 상위 영양 단계로 전달되지 않기 때문이라고만 설명한 경우 | 4점 |

## 14 생물 다양성과 환경

핵심 문제로 개념 마무리 p.133

**1** (1) 생물 (2) 서식지 단편화 (3) 외래종, 외래종 **2** (1) ㅁ (2) ㄱ (3) ㄴ

**1** (1) 지구상에 존재하는 모든 생명체의 다양한 정도를 나타내는 것을 생물 다양성이라고 한다.
(2) 대규모의 서식지가 소규모로 분할되는 것을 서식지 단편화라고 한다. 서식지가 단편화되면 생물 종의 이동을 제한하여 고립시키기 때문에 생물 종이 감소되어 종 다양성이 급격히 감소한다.
(3) 원래 서식하지 않았으나 인간의 활동에 의해 다른 서식지에서 유입된 생물을 외래종이라고 한다. 외래종의 예로는 뉴트리아, 블루길, 가시박 등이 있다.

**2** (1) 콘크리트 제방과 물길의 직선화 대신에 물길을 자연스럽게 틔워 주고 식물 군집으로 습지를 조성해 자정 작용이 일어날 수 있도록 하천을 복원하는 것을 자연형 하천 복원이라고 한다.
(2) 생태 통로 건설을 통해 도로로 인해 야생 동물이 차에 치어 죽거나 서식지가 분리되는 것을 방지한다.
(3) 식물은 종자를 수집하고 저장할 수 있는데, 종자를 휴면 상태로 장기 저장하여 종을 보전하는 것은 종자 은행을 통해 이루어진다.

내신분석 기출문제 pp.134~138

**457** ④ **458** ③ **459** ② **460** ③ **461** ④ **462** (가) ㄴ, (나) ㄷ, (다) ㄱ
**463** (가) **464** (다) **465** 해설 참조 **466** ③ **467** ③ **468** ①
**469** ④, ⑤ **470** ⑤ **471** ④ **472** ① **473** ③ **474** ① **475** ②
**476** ④ **477** ③ **478** 종자 은행 **479** ④ **480** ③

**457** 종 다양성이 높을수록 먹이 그물이 복잡하게 형성되어 생태계의 평형이 잘 유지된다. 삼림, 초원, 사막, 습지 등 생태계의 종류에 따라 서식하는 생물 종이 다르므로 생태계가 다양할수록 종 다양성이 높아진다. 유전적 다양성이 높은 종은 급격한 환경 변화나 전염병 발생 시 살아남을 수 있는 생존율이 높지만, 유전적 다양성이 낮은 종은 급격한 환경 변화에 멸종될 가능성이 높다.

**458** 달팽이 껍데기의 무늬와 색깔은 유전자에 의해 나타나는 형질이다. 달팽이 껍데기의 무늬와 색깔을 나타내는 유전자가 다양하기 때문에 다양한 유전적 변이가 나타난다.

**459** (가)는 유전자 다양성, (나)는 생물 종 다양성, (다)는 생태계 다양성이다.
ㄴ. 생물 종 다양성(나)은 종의 수가 많을수록, 종이 고르게 분포할수록 높다.
[오답피하기] ㄱ. 유전적 변이가 많이 나타날수록 유전자 다양성(가)이 높다.
ㄷ. 서식지가 다르면 환경 요인도 달라지므로 생물의 종류와 수도 다르게 나타난다. 따라서 서식지가 다양하게 존재할수록 각각의 군집은 서로 다른 모습을 갖게 되어 생물 다양성이 증가하게 된다. 그러나 생태계 다양성(다)을 높이기 위해 인위적으로 갯벌을 간척하여 숲을 조성하는 것은 바람직하지 않다.

**460** 목장 관리자와 생태학자는 목장에서 자라는 식물의 종 다양성을 고려한 방안에 대해 주장하고 있다.

**461** ㄱ. 중요도가 가장 높은 종을 우점종이라고 한다. 우점종은 일반적으로 분포 비율이 높은 종을 말하는 것이므로 X 지역보다 Y 지역에서 더 뚜렷하게 나타난다.
ㄷ. 종의 수가 같더라도 종의 분포 비율이 고를수록 종 다양성이 높게 나타나며, 종 다양성이 높을수록 생태계의 평형은 더 안정적으로 유지된다. 따라서 생태계의 평형은 X 지역이 Y 지역보다 더 안정적으로 유지된다.
[오답피하기] ㄴ. X와 Y 지역 내의 종 다양성을 나타낸다.

**462** (가)는 생태계 다양성, (나)는 생물 종 다양성, (다)는 유전자 다양성에 대한 설명이다. ㄱ은 유전자 다양성, ㄴ은 생태계 다양성, ㄷ은 생물 종 다양성에 대한 사례이다.

**463** 품종 단일화에 따른 유전자 다양성(가)의 감소로 인해 개체수가 심각하게 줄어든 사례들이다.

**464** 서식지의 환경 요인과 생물의 특성에 따라 생태계 다양성(다)이 나타난다.

**465** 유전자 다양성이 큰 종은 환경 변화에 멸종되지 않고 살아남는 개체가 생긴다. 생태계가 안정된 상태로 유지되기 위해서는 유전자 다양성이 커야 한다.
모범답안 유전자 다양성이 낮으면 환경 변화에 적응하지 못하고 멸종될 가능성이 크기 때문이다.

| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 유전자 다양성과 멸종 가능성을 모두 포함하여 옳게 설명한 경우 | 5점 |
| 유전자 다양성에 대한 언급 없이 멸종 가능성만 포함하여 설명한 경우 | 2점 |

**466** ㄱ. 생태계 (가)에서 토끼를 먹이로 하는 호랑이, 뱀, 독수리는 토끼를 대체할 먹이가 있다.
ㄴ. 생물 종이 다양한 지역에서 먹이 그물이 복잡한 양상을 나타낸다. 따라서 생태계 (나)보다 (가)에서 생물 종 다양성이 더 높게 나타난다.
[오답피하기] ㄷ. 먹이 그물이 다양한 지역에서는 하나의 생물이 멸종된다고 하더라도 그를 대체할 생물이 존재하기 때문에 생태계의 평형이 쉽게 깨지지 않는다. 따라서 생태계 (가)는 (나)보다 생태계의 평형이 잘 유지된다.

**467** ㄱ. 생물 다양성이 높을수록 생태계의 평형이 잘 유지된다.
ㄷ. 생태계에서 생물적 요인은 물질과 에너지의 순환에 중요한 영향을 미친다. 따라서 생물 다양성이 감소하면 생태계 내의 물질 순환과 에너지 흐름에 이상을 초래한다.
[오답피하기] ㄴ. 생물 다양성이 낮을수록 먹이 그물이 단순화되고, 약간의 교란에 의해서도 생태계의 평형이 쉽게 깨진다.

**468** ㄱ. 생태 통로에 의해 분할된 서식지가 연결되면 종 다양성은 증가하고 생태계의 평형도 더 안정적으로 유지된다.
[오답피하기] ㄴ. 최종 소비자는 서식지 면적이 넓을수록 적정 개체수가 잘 유지될 수 있다. 따라서 도로에 의해 숲이 완전 분할된 (가)보다는 생태 통로에 의해 숲이 연결된 (나)에서 최종 소비자를 보호하기에 유리하다.
ㄷ. 생태계의 평형은 생물 종 다양성이 높게 나타나는 (나)에서 더 안정적으로 유지된다.

**469** ④ 국립공원의 경우 생태계의 보호를 위해 특정한 시기에 입산 금지 기간을 두어 사람의 접근을 막는다.
⑤ 천적이 없어 개체수가 급격히 증가하여 민가에 피해를 입히는 멧돼지 등은 유해종으로 분류되며, 사냥 허가 등을 통해 멧돼지와 같은 유해종의 개체수 조절이 필요하다.

**470** ㄱ. 서식지가 단편화되면 생물 종의 이동을 제한하여 고립시키기 때문에 시간이 지남에 따라 그 지역의 생물 종 다양성이 감소한다.
ㄴ. 서식지 면적이 감소하면 그 서식지에서 살아가는 생물의 종 수도 감소하므로 서식지의 면적을 생물이 살아가기에 충분하게 유지해야 한다.
ㄷ. 서식지 간에 연결 통로가 있으면 고립된 서식지가 연결되어 생물 종 다양성의 감소율이 낮아진다.

**471** ㄱ. 고립화된 서식지를 연결하는 생태 통로를 건설하는 것은 서식지 파괴에 대한 대책 중 하나이다.
ㄷ. 열대 우림이나 초원과 같이 생물적으로 중요한 보호 지구 중에는 현재 보호 상태 및 경제적 여건이 취약한 곳이 많으므로 국제적인 차원의 협력과 지원이 필요하다.
[오답피하기] ㄴ. 우수한 유전자를 지닌 개체를 대량으로 복제하는 사업은 생물의 종 다양성을 단순화할 수 있으므로 장기적으로 볼 때 생물 다양성 감소에 대한 대책이 될 수 없다.

**472** 남획은 인위적인 목적을 위해 특정 종을 과도하게 사냥하거나 밀렵하는 행위이다. 뉴트리아와 같은 외래종의 방류는 천적이 없는 생태계에서 고유종의 멸종을 불러일으키는 결과를 가져올 수 있다.

**473** ㄱ, ㄴ. 뉴트리아와 블루길은 인간의 활동에 의해 유입된 외래종으로, 천적이 거의 없어 고유종의 생존을 위협하고 있다.
[오답피하기] ㄷ. 성공적으로 정착한 외래종도 고유종을 위협할 정도로 번식하면 먹이 사슬을 파괴할 수 있으므로 생물 다양성 감소의 원인으로 작용한다.

**474** ㄱ. 서식지는 생물이 생존에 필요한 먹이를 얻고 생식 활동을 하는 공간이므로 서식지의 파괴는 그 지역에 사는 생물 종이 멸종하는 원인으로 작용한다.
[오답피하기] ㄴ. 서식지 면적이 절반이 되면 그 지역에서 살던 생물 종 수의 10 %가 감소한다.
ㄷ. 서식지 면적의 90 %가 감소하여 서식지 면적이 10 % 정도가 되면 그 지역에 살던 생물 종 수의 50 %가 감소한다.

**475** ② 서식지 단편화는 생물 종의 이동을 제한하여 고립시키기 때문에 시간이 지남에 따라 그 지역에 서식하는 개체군의 크기가 감소하게 된다. 생태 통로는 서식지가 분리되는 것을 방지한다.
[오답피하기] ① 무분별한 외래종의 도입은 서식지 내의 고유종의 개체수가 감소하는 결과를 가져온다.
③ 최종 소비자의 제거로 인해 피식자가 폭발적으로 증가하면 먹이 사슬에 의한 평형이 깨져 종 다양성이 더 낮아지는 결과를 가져온다.
④ 단일 품종을 재배하는 농경지는 종 다양성이 가장 낮은 형태의 생태계이다.
⑤ 서식지 단편화는 개체군의 이동을 제한하여 개체군의 크기를 감소시켜 멸종에 이르게 하는 원인이 된다.

**476** ㄱ. 철도나 도로에 의해 서식지가 단편화되면 가장자리의 면적이 늘어나게 되므로 실제 서식지의 총 면적은 감소한다.
ㄴ. 서식지 단편화는 생물 종의 이동을 제한하여 고립시키기 때문에 그 지역 개체군의 크기를 감소시키는 요인이 된다.
[오답피하기] ㄷ. 서식지가 단편화되면 가장자리의 면적이 늘어나기 때문에 깊은 숲 속에서 살아가는 생물의 경우 서식지가 많이 줄어들어 가장 큰 피해를 입는다.

**477** ㄷ. 특정 생물을 보전하기 위한 대책은 다른 종들을 감소 또는 멸종시킬 수 있으므로 다양한 종이 함께 보전되도록 하기

위해 군집 수준의 보전 대책을 세워야 한다.
[오답피하기] ㄱ, ㄴ. 멸종된 종이나 외래종은 기존의 생태계를 위협하는 요인이 될 수 있다.

**478** 종자 은행은 유용한 식물 자원을 보호하는 방법 중 하나이다. 종자 은행을 통해 유전적으로 다양한 종자들을 확보하면 질병을 유발하는 미생물, 기후 조건의 변화 등으로부터 내성이 강한 새로운 품종을 개발하는 데 도움이 된다.

**479** 과거에는 하천에 콘크리트 제방을 쌓거나 물길을 직선화시켰을 때 수질 오염이 발생하면서 도시 하천의 기능을 완전히 상실하게 된 예가 많았다. 최근에는 콘크리트 대신 나무, 풀, 돌, 흙과 같은 자연 재료를 이용하여 천변에 습지와 식물 군집을 조성하고, 수질 정화 시설을 설치하며, 물길을 자연스럽게 틔워 주는 등의 자연형 하천을 복원하는 것이 지속 가능한 발전을 통한 환경 보호의 일환으로 받아들여지고 있다.

**480** 생태 통로는 분리된 서식지를 연결하므로 야생 동물의 로드킬을 방지할 수 있다.

**481** ③ **482** ④ **483** ⑤ **484** 해설 참조

**481** 같은 종이라도 색, 크기, 모양 등이 다르게 나타나는 것은 유전자 다양성 때문이다. 아시아 무당벌레의 등껍질, 달팽이 껍데기 모양, 토마토의 품종 등이 다양한 것은 유전자 변이 때문이다.

**482** ㄱ. (가)와 (나)의 종 수는 4가지로 같다.
ㄷ. 종 수가 같을 때에는 종의 분포 비율이 균등한 지역의 생물 다양성 지수가 더 높다. 따라서 (가)가 (나)보다 종 다양성이 높다.
[오답피하기] ㄴ. (나)는 특정 종의 분포 비율이 높고, (가)는 각 종의 분포 비율이 (나)에 비해 비교적 균등하다.

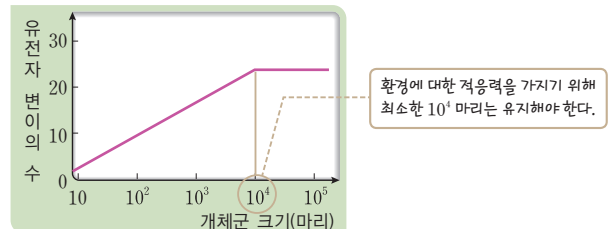
오개념 피하는 노하우

■ **종 다양성 지수**
종 다양성 지수는 종 수와 종의 분포 비율을 모두 포함하는 개념이다.

**483** ㄱ. A, B, C 종은 모두 서식지 면적이 증가할수록 개체군 내 개체수가 증가한다.
ㄴ. 몸의 크기가 큰 B 종이 A 종보다 서식지 면적이 크다. 포유류의 경우 한 개체가 요구하는 서식지 면적은 몸의 크기와 무게에 비례한다.
ㄷ. 1,000마리의 개체수를 유지하는 데 B 종보다 C 종이 더 넓은 면적을 필요로 한다. 일반적으로 같은 크기의 육식 동물(C 종)은 초식 동물(B 종)보다 더 큰 서식지 면적을 필요로 한다.

**484** 서술형 해결전략

**Step ❶ 문제 포인트 파악**
생물 다양성의 개념과 생물 종 다양성, 유전자 다양성, 생태계 다양성의 의미를 알고, 생물 다양성을 보전하기 위한 방법들을 정리할 수 있다.

**Step ❷ 자료 파악**

**Step ❸ 관련 개념 모으기**
❶ **생물 다양성이란?**
→ 지구상에 존재하는 모든 생명체의 다양한 정도를 표현한 것으로, 유전자 다양성, 생물 종 다양성, 생태계 다양성이 있다.
❷ **한 종의 생물에서 나타나는 여러 개체 간의 형질 차이는 무엇 때문인가?**
→ 유전자의 차이 때문이다.

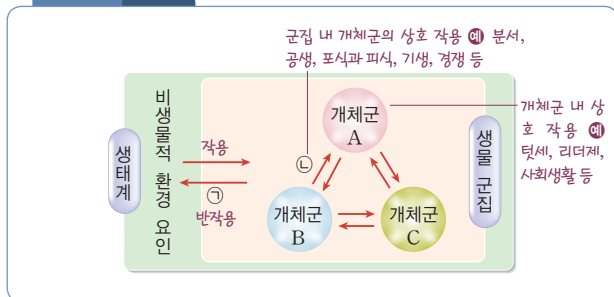
모범답안 유전자 다양성, 유전자 변이의 수가 최대에 도달하려면 개체군의 크기를 최소 $10^4$마리는 유지해야 한다.
유사답안 유전자 다양성이며, 유전자 변이가 많을수록 유전자 다양성이 높아 환경 적응력을 가질 수 있으므로 개체군의 크기는 최소 $10^4$마리는 유지해야 한다.

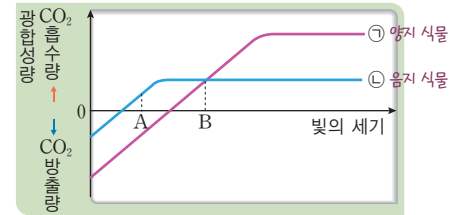
| 채점 기준 | 배점 |
|---|---|
| 유전자 다양성을 쓰고, 유전자 변이의 최댓값에 대한 최소 개체군의 크기를 옳게 설명한 경우 | 7점 |
| 유전자 다양성을 쓰고, 유전자 변이의 최댓값에 대한 언급 없이 개체군의 크기만 설명한 경우 | 5점 |
| 유전자 다양성만 옳게 쓴 경우 | 2점 |

## 실전대비 IV 평가문제 pp.140~143

| 평가기준 | 정답 |
|---|---|
| **평가기준 01** 작용과 반작용 및 상호 작용의 구체적인 예를 들어 생태계 구성 요소들 사이의 주고받는 영향을 정확히 설명할 수 있다. | **485** ② |
| **평가기준 02** 생물이 환경 조건의 변화에 적응한 예를 기존에 이루어진 실험과 논리에 근거하여 다양하게 설명할 수 있다. | **486** ⑤ **487** ④ **488** ④ |
| **평가기준 03** 개체군마다 고유한 특성들에 차이가 있음을 알고 구체적인 차이를 구분하여 설명할 수 있다. | **489** ④ **490** ③ **491** ① **492** ② |
| **평가기준 04** 군집 내의 상호 작용을 각각의 예를 들어 이익이 되는 경우와 해가 되는 경우를 구분하여 설명할 수 있고, 군집의 천이가 진행되는 과정과 개척자 생물, 극상에 대해 설명할 수 있다. | **493** ⑤ **494** ④ **495** ③ **496** ④ |
| **평가기준 05** 물질의 순환 원리를 이해하고, 그 예로 탄소와 질소의 순환 과정을 구체적으로 설명할 수 있다. | **497** ③ |
| **평가기준 06** 생태계에서 에너지는 물질과 달리 순환하지 않음을 알고, 생태 피라미드를 여러 측면으로 설명함을 물론 생태계의 평형이 유지되는 조건을 설명할 수 있다. | **498** ① **499** ① |
| **평가기준 07** 유전자 다양성, 생물 종 다양성, 생태계 다양성을 구별할 수 있고, 생물 다양성이 생태계의 건강한 정도를 판단하는 자료가 됨을 설명할 수 있다. | **500** ① |

**485** 생태계는 비생물적 요인과 생물적 요인으로 이루어져 있으며 각각은 서로 영향을 주고받는데 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 미치는 경우는 작용, 생물적 요인이 비생물적 요인에 영향을 미치는 경우는 반작용(㉠), 생물끼리 영향을 미치는 경우는 상호 작용이다. 상호 작용에는 개체군 내의 상호 작용과 군집 내 개체군의 상호 작용(㉡)으로 구분한다.
ㄴ. 숲의 층상 구조가 발달할수록 지표면에 도달하는 빛의 양이 줄어드는 현상은 반작용(㉠)에 해당한다.
[오답피하기] ㄱ. 하나의 개체군은 같은 종으로만 구성된다.
ㄷ. ㉡은 군집 내 개체군의 상호 작용에 해당한다. 개체군 내의 상호 작용에는 텃세, 리더제, 순위제, 사회생활 등이 있다.

자료 분석 노하우

**486** ⑤ 빛의 세기가 B일 때 ㉠과 ㉡의 순광합성량은 같지만 호흡량은 ㉠이 더 크기 때문에 총광합성량은 ㉠이 더 많다.
[오답피하기] ①, ③ ㉠은 ㉡보다 호흡량이 많고, 보상점과 광포화점이 높다.
② ㉠은 보상점과 광포화점이 높은 양지 식물, ㉡은 음지 식물이다.
④ 빛의 세기가 A로 유지되면 ㉠의 광합성량보다 호흡량이 더 많기 때문에 생존하기 어렵다.

자료 분석 노하우

- 식물 ㉠은 보상점과 광포화점이 높은 양지 식물이고, ㉡은 약한 빛에서도 잘 자라는 음지 식물이다.
- 빛의 세기가 A일 때, ㉠은 광합성량보다 호흡량이 더 많기 때문에 잘 자라지 못하지만, 식물 ㉡은 순광합성량이 존재하기 때문에 잘 자란다.

**487** ㄴ, ㄷ. 식물 B는 암기 중간에 섬광이 비출 때 개화하지 못하므로 개화시키기 위해서는 한계 암기 이상의 지속적인 암기가 필요함을 알 수 있다.
[오답피하기] ㄱ. 식물 A는 암기가 짧고 명기가 길 때 꽃을 피우는 식물이고, B는 암기가 길고, 명기가 짧을 때 꽃을 피우는 식물이다. 그러므로 식물 A는 장일 식물, B는 단일 식물이다.

오개념 피하는 노하우

- 암기가 길어도 암기 중간에 비춘 섬광에 의해 지속적인 암기의 길이가 한계 암기에 도달하지 못하면 장일 식물은 꽃을 피우고, 단일 식물은 꽃을 피우지 못한다.
- 장일 식물과 단일 식물의 개화에는 명기보다는 지속적인 암기가 더 중요하다.

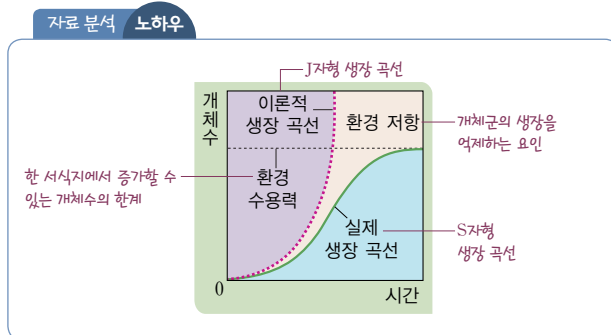
**488** ㄴ. 수심에 따른 해조류의 분포는 빛의 파장에 의한 것이다. 이는 비생물적 요인이 생물적 요인에 영향을 미치는 경우로 작용에 해당한다.
ㄷ. 바다에 사는 조류의 경우 수심이 얕은 곳에서는 적색광을 주로 이용하는 녹조류가 많이 분포하지만, 깊은 곳에는 긴 파장의 적색광이 도달하지 못하고 짧은 파장의 청색광이 도달하기 때문에 청색광을 주로 이용하는 홍조류가 많이 분포한다. 이와 같이 해조류의 분포가 다른 것은 빛의 파장에 따라 투과하는 수심이 다르기 때문이다.
[오답피하기] ㄱ. 홍조류가 가지는 색조인 홍조소는 자신의 보색인 청색광을 가장 잘 흡수한다.

오개념 피하는 노하우

조류는 자신의 몸 색과 보색 관계에 있는 빛을 주로 이용하여 광합성을 하도록 적응되어 있다.

**489** ㄱ. 이 동물은 출생 초기에 부모의 보호를 받기 때문에 유아기 사망률이 낮다.
ㄴ. 이 동물은 상대 연령이 증가할수록 사망 개체수가 증가하므로 생존 곡선 중 Ⅰ형에 해당한다.
[오답피하기] ㄷ. 생존 곡선 Ⅰ형에 해당하는 생물은 비교적 적은 수의 자손을 낳아서 보호한다. 한 개체가 만드는 자손의 수가 가장 많은 것은 생존 곡선 중 Ⅲ형에 속하는 생물로, 어류, 굴 등이 있다.

**490** ㄷ. 구간 Ⅲ은 사망률과 출생률이 같아서 개체수가 증가하지 않고 일정하게 유지된다.
[오답피하기] ㄱ. 각 구간에서의 개체군의 생장률은 접선의 기울기에 해당하는 값이므로 개체군의 생장률은 구간 Ⅱ에서 가장 크고, 구간 Ⅲ에서 가장 작다.
ㄴ. 구간 Ⅲ에서 환경 저항은 최대가 된다.

자료 분석 노하우

**491** ㄱ. 구간 Ⅰ에서 돌말의 개체수가 증가한 것은 제한 요인인 영양 염류의 양이 많고, 수온과 빛의 세기가 증가하기 때문이다.
[오답피하기] ㄴ. 구간 Ⅱ에서 영양 염류를 더 첨가하더라도 수온과 빛의 세기가 낮아지기 때문에 돌말의 개체수는 급격히 증가하지 않는다.
ㄷ. 돌말의 개체수 변동은 계절에 따라 수온, 빛의 세기, 영양 염류의 양 변화에 의해 나타나는 단기적 변동이다.

**492** ㄴ. 포식자(B)의 수가 증가하면 피식자(A)의 수가 감소하고, 피식자(A)의 수가 감소하면 포식자(B)의 수가 감소하는 개체군의 변동이 반복적으로 나타난다.
[오답피하기] ㄱ. A는 피식자, B는 포식자로 생태적 지위가 서로 다르다.
ㄷ. 포식과 피식 관계에 의한 A와 B의 주기적인 개체수 크기 변동은 약 10년을 주기로 일어나는 장기적 변동에 해당한다.

**493** ㄴ. A 개체군은 단독 배양했을 때보다 B 개체군과 혼합 배양했을 때 개체군의 밀도가 줄어들었고, B 개체군은 A 개체군과 혼합 배양했을 때 밀도가 급격히 줄어들어 사라진 것으로 보아 두 종의 관계는 경쟁 관계이며, 혼합 배양할 경우 경쟁 배타의 원리가 적용됨을 알 수 있다.
ㄷ. 환경 수용력은 한 서식지에서 증가할 수 있는 개체수의 한계로, A 개체군의 환경 수용력은 단독 배양했을 때가 혼합 배양했을 때보다 크다.
[오답피하기] ㄱ. 개체군의 생장률은 그래프의 특정 지점에서의 기울기이므로 구간 Ⅰ에서가 구간 Ⅱ에서보다 더 크다.

**494** 콩과식물과 뿌리혹박테리아와 같이 서로에게 이익이 되는 관계를 상리 공생이라고 한다.

**495** (가)는 군집 내 개체군 사이에 일어나는 분서를, (나)는 개체군 내에서 일어나는 텃세(세력권)를 나타낸다.
ㄷ. 분서(가)와 텃세(나)는 모두 과도한 경쟁을 줄이기 위해 나타나는 상호 작용이다.
[오답피하기] ㄱ. (가)는 군집 내 개체군 사이의 상호 작용이고, (나)는 개체군 내 개체 사이의 상호 작용이다.
ㄴ. (가)에서 3종의 새는 경쟁 관계이다. 눈신토끼와 스라소니의 관계는 포식과 피식 관계에 해당한다.

**496** ④ B는 양수림, C는 음수림으로, B의 식물은 C의 식물보다 보상점과 광포화점이 높다.
[오답피하기] ① 용암 대지처럼 생명체가 없고 토양이 형성되지 않은 곳에서 토양의 형성 과정부터 시작하는 천이를 1차 천이라고 한다.
② 1차 천이 중에서 건성 천이는 바람에 날려온 지의류가 건조한 바위에 정착하는 것으로부터 시작한다. 지의류와 같이 천이의 첫 단계에 서식하는 생물을 개척자라고 한다. 지의류는 조류와 균류의 공생체로 건조한 바위에 붙어서 사는데, 지의류가 부착된 곳을 중심으로 토양이 형성되기 시작하고 이끼류가 서식하게 된다.
③ B의 식물은 강한 빛에서 잘 자라는 식물로, C의 식물에 비해 잎의 두께가 두껍다.
⑤ 숲이 형성되기 전 빛이 강한 조건에서는 양수가 우세하지만 양수림(B)이 형성된 이후에는 숲 아래 그늘이 생겨 빛이 약하므로 양수 종의 묘목은 생장하지 못하고 음수 종의 묘목이 빠르게 생장하여 음수림(C)이 형성된다.

**497** ㉠은 질소 고정, ㉡과 ㉢은 질화 작용, ㉣은 탈질소 작용이다.
ㄱ. 토양 속에 있는 뿌리혹박테리아나 아조토박터와 같은 질소 고정 세균은 대기 중의 질소 기체를 암모늄 이온($NH_4^+$)으로 전환시킨다.
ㄷ. 토양 속의 탈질소 세균에 의해 질산 이온($NO_3^-$)은 질소 기체가 되어 대기 중으로 돌아간다.
[오답피하기] ㄴ. 식물은 주로 질산 이온($NO_3^-$)의 형태로 토양 속의 질소를 흡수한다. 뿌리를 통해 흡수된 질소 성분은 식물체 내의 질소 동화 작용에 의해 단백질, 핵산과 같은 유기 질소 화합물로 합성된다. ㉡과 ㉢은 아질산균과 질산균에 의해 일어나는 질화 작용으로, 토양에서 진행된다.

**498** ㄱ. 이전 영양 단계에서 전달받은 에너지의 일부는 호흡을 통

해 생물체의 생명 활동에 사용되다가 열에너지로 방출되어 일부 에너지만 상위 영양 단계로 전달되므로 영양 단계가 높아질수록 에너지양은 감소한다.

[오답피하기] ㄴ. (가)에서 1차 소비자의 에너지 효율은 10 %로, (나)에서 1차 소비자의 에너지 효율인 15 %보다 더 낮다.
ㄷ. 에너지 효율은 상위 영양 단계로 갈수록 대체로 증가하지만 생태계의 특성에 따라 그렇지 않은 경우도 있다. (나)는 1차 소비자의 에너지 효율이 15 %지만, 2차 소비자의 에너지 효율은 10 %로 1차 소비자보다 더 낮다.

**499** ㄱ. 이 생태계로 유입된 에너지는 29이고, 그중 저장량은 4이므로 열에너지로 방출된 에너지의 총량은 25이다.

[오답피하기] ㄴ. A의 에너지 효율(%)$=\frac{2}{29}\times 100 \fallingdotseq 6.9$(%), B의 에너지 효율(%)$=\frac{0.2}{2}\times 100=10$(%)이다.
ㄷ. 분해자가 전달받은 에너지의 총량은 11.1이고, A와 B로 전달된 에너지의 총량은 2.2이다.

오개념 피하는 **노하우**

상위 영양 단계로 갈수록 에너지양이 줄어드는 이유는 생태계에서 에너지는 물질처럼 순환하지 않고 먹이 사슬을 따라 한쪽 방향으로 흐르는데, 각 영양 단계에서 방출되는 열에너지는 다음 영양 단계로 전달되지 못하고 방출되기 때문이다.

**500** (가)는 유전자 다양성, (나)는 생물 종 다양성, (다)는 생태계 다양성이다.
ㄱ. 유전자 다양성(가)이 높은 종은 급격한 환경 변화에도 적응하여 살아남은 개체가 존재할 가능성이 높으므로 멸종될 확률이 낮다.

[오답피하기] ㄴ. 생물 종 다양성(나)이 낮은 경우 하나의 종이 멸종하면 대체할 종이 없기 때문에 생태계의 안정성이 쉽게 무너진다.
ㄷ. 대규모 간척 사업은 다양한 생태계를 제한하는 국토 개발 사업으로, 생태계 다양성(다)을 낮춘다.